



REPUBLIQUE ALGERINE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES

DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES



Mémoire

Master Académique

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie de l'environnement

Présenté Par : **BEN CHEIKH Yasser et BENMALEK Boubekeur**

**THEME**

**Synthèse d'un Fertilisant Azoté**

Soutenu publiquement le : 26/06/2018

Devant le jury :

-ZOUBEIDI.Ch	M.C.B	Présidente	UKM Ouargla
-BOUZIENE.Kh	M.A.A	Examinatrice	UKM Ouargla
-SEGNI L	PROF	Encadreur	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2017/2018

# *Remerciements*

*Avant tous, nous remercions Allah, pour nous avoir données la capacité pour réaliser ce travail.*

*Un grand merci à notre encadreur professeur SEGNI LADJEL, pour ces efforts, par ces conseils et ces orientations*

*Nous tenons à remercier les membres de jury et tous les enseignants de département de génie des procédés.*

*Enfin nos plus chaleureux remerciements pour toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce Modest travail.*

# Sommaire

Remerciements

Sommaire

Liste des figures et des graphes

Liste des tableaux

INTRODUCTION GENERALE..... 1

## Chapitre I Généralité sur les engrais

I.1.Introduction :..... 4

I.2.Composition d'un engrais :..... 4

I.2.1. Principaux Composants d'un engrais :..... 4

I.2.2. Composition secondaires d'un engrais :..... 5

I.3. Les différents types d'engrais :..... 6

I.3.1. L'engrais naturel :..... 6

I.3.2. L'engrais chimique :..... 6

I.4.Les sources des engrais NPK :..... 8

## Chapitre II L'état actuel (Statistique sur la réduction des engrais) En Algérie

II.1Introduction :..... 11

II.2-L'exportation :..... 11

II.3Labours-semailles 2017-2018 :..... 11

## Chapitre III Les procédés de préparation des engrais

III.1.introduction :..... 15

III.2.Procédé Haber :..... 15

III.3.Historique:..... 16

III.4.Description :..... 17

III.4.1. Principe Général :..... 17

III.4.2.Étude des différentes étapes :..... 19

III.4.2.1. Étude du bloc 1 : production de H<sub>2</sub> :..... 19

III.4.2.2.Étude du bloc 2 : purification du mélange :..... 19

III.4.2.3. Étude du bloc 3 (boucle de synthèse) :..... 20

III.5.Production annuelle :..... 20

## Chapitre IV Partie Pratique

IV.1. Matériels et méthodes : .....	22
IV.2.Préparation des réactifs : .....	22
IV.3.Préparation de la première expérience (5% de NH <sub>3</sub> ) : .....	23
IV.4.Produits et les montages utilisés : .....	24
IV.4.1.Les produits : .....	24
IV.4.2.Les montages : .....	25
IV.5.Graphe : .....	29
IV.5.1Interprétation des résultats : .....	29
IV.6.Caractéristiques Physico-chimiques NH <sub>4</sub> Cl : .....	30
IV.7.Rendement : .....	30
IV.8.Graphe : .....	32
IV.8.1Interprétation des résultats : .....	32
IV.9.Le spectre infrarouge : .....	33
IV.9.1Interprétation du spectre Infrarouge : .....	36
IV.10.Etude d'économie : .....	37
IV.10.1La comparaison: .....	38
CONCLUSION GENERALE .....	39
Références Bibliographiques .....	40
Annexe	

## Liste des figures et des graphes

<b>Fig.1</b> : Schéma simplifié du procédé du procédé Haber-Bosch pour la synthèse industrielle d'ammoniac.....	17
<b>Fig.2</b> : Constantes d'équilibre des réactions.....	18
<b>Fig.3</b> : Ammoniac $\text{NH}_3$ de concentration 30%.....	24
<b>Fig.4</b> : Acide chlorhydrique 37%.....	24
<b>Fig.5</b> : Les produits utilisés pour la préparation des solutions.....	25
<b>Fig.6</b> : Montage de la réaction.....	25
<b>Fig.7</b> : Montage de cristallisation.....	26
<b>Fig.8</b> : Montage filtration sur Büchner.....	26
<b>Fig.9</b> : Pesage du produit obtenu $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....	27
<b>Fig.10</b> : Spectromètre infrarouge (IRFT-ATR).....	27
<b>Fig.11</b> : Produit obtenu $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....	28
<b>Fig.12</b> : Masse de $\text{NH}_4\text{Cl}$ en fonction du pourcentage $\text{NH}_3$ .....	29
<b>Fig.13</b> :Densité par méthode de Pycnomètre.....	31
<b>Fig.14</b> : Rendement de la réaction en fonction le pourcentage $\text{NH}_3$ .....	32
<b>Fig.15</b> : Spectre infrarouge de $\text{NH}_4\text{Cl}$ à 5% d'ammoniac.....	33
<b>Fig.16</b> : Spectre infrarouge de $\text{NH}_4\text{Cl}$ à 10% d'ammoniac.....	33
<b>Fig.17</b> : Spectre infrarouge de $\text{NH}_4\text{Cl}$ à 15% d'ammoniac.....	34
<b>Fig. 18</b> :Spectre infrarouge de $\text{NH}_4\text{Cl}$ à 20% d'ammoniac.....	34
<b>Fig.19</b> : Spectre infrarouge de $\text{NH}_4\text{Cl}$ à 25% d'ammoniac.....	35
<b>Fig.20</b> : Spectre infrarouge de $\text{NH}_4\text{Cl}$ à 30% d'ammoniac.....	35

## Liste des tableaux

<b>Tableau N°1</b> : Statistique sur la production des engrais en Algérie.....	12
<b>Tableau N°2</b> : Matériels et réactifs utilisés dans l'expérience.....	22
<b>Tableau N°3</b> : Volume utilise dans l'expérience.....	23
<b>Tableau N°4</b> : Masse de $\text{NH}_4\text{Cl}$ obtenus.....	28
<b>Tableau N°5</b> : les caractéristiques physico-chimiques.....	30
<b>Tableau N°6</b> : Résultat de densité et masse de $\text{NH}_3$ obtenus.....	30
<b>Tableau N°7</b> : Rendement de la réaction en fonction de concentration $\text{NH}_3$ .....	31
<b>Tableau N°8</b> : Les engrais et les prix dans le marché algérien.....	38

## Liste des abréviations

**BASF** : Fabrique d'aniline et de soude de Bade

**TNT** : Trinitrotoluène

**TSP**: Triple super phosphate

**NPK**: Azote, Phosphore, Potassium

**MAP** : Phosphate monoammonique

## INTRODUCTION GENERALE

La plante a besoin de nutriments primaires qui forment la fondation de la nutrition végétale Azote, Phosphate et Potassium, ensuite elle a besoin de nutriments secondaires : Calcium, Magnésium et Soufre, et également la plante a besoin d'oligo-éléments pour pousser ; Cuivre, Fer, Manganèse, Zinc, Bore et Chlore.

Tous ces nutriments sont présents dans une quantité spécifique et avec une composition différente selon le type d'engrais, nous allons faire une synthèse sur un certain type d'engrais, il est composé à partir de l'acide chlorhydrique et l'ammoniac. Egalement nous avons essayé de savoir si nous pouvons améliorer les paramètres expérimentaux de la production et la possibilité d'obtenir le meilleur rendement de cette synthèse.[1]

L'industrie chimique intervient surtout dans la production des engrais azotés, qui passe par la synthèse de l'ammoniac à partir de l'azote de l'air, moyennant un apport important d'énergie fournie par le gaz naturel (qui fournit également l'hydrogène), elle intervient également pour la fabrication des engrais complexes, qui sont constitués par des sels résultant de la réaction d'une base avec un acide.

Les engrais sont utilisés pour fertiliser les sols. Ils permettent d'apporter aux végétaux les éléments nutritifs dont ils ont besoin, parfois absents des différents substrats ou présents en faible quantité. Grâce aux engrais, nous pouvons améliorer la fertilité des sols pauvres qui ne cessent de se dégrader sous l'effet de la surexploitation. Ils permettent d'augmenter la production et d'améliorer la qualité des cultures en générale. [2]

Aujourd'hui, l'agriculture ne représente plus que 23 % du produit intérieur brut (PIB) dans les pays à bas revenus, 10 % dans les pays intermédiaires et 2 % dans les pays à hauts revenus. [3]

La part de l'agriculture dans l'économie et dans la population active varie largement selon les pays. Le secteur reste économiquement important, notamment en Afrique, même si la comparaison entre l'Éthiopie et le Gabon, par exemple, montre un profil très différent en termes d'emplois créés. Même dans les pays qui ont encore une forte main-d'œuvre agricole rurale comme l'Éthiopie et le Kenya, la structure agricole elle-même et les liens avec les autres secteurs expliquent la contribution différente du secteur à la création de richesses nationales.[4]



Le présent travail s'articule donc autour des points suivants :

- Une présentation du cadre général de l'étude à travers un regroupement bibliographique détaillé sur les engrais.
- Voir sur l'état actuel de l'Algérie et donner statistiques sur la production des engrais.
- Explication détaillée de tous les procédés utilisés pour préparer les engrais en fonction de chaque type d'espèces et de la composition de chacune d'entre elles.
- Expliquer le protocole expérimental de cette étude et les méthodes utilisées pour effectuer cette synthèse.
- Une présentation détaillée des résultats obtenus accompagnés de discussions sur l'évolution des paramètres étudiés essentiellement celui ayant trait au rendement de la synthèse.

# **Chapitre I**

**Généralité sur les engrais**

## I.1.Introduction :

La fertilisation, c'est l'action qui consiste à effectuer des apports d'engrais organiques ou minéraux, nécessaires au bon développement des végétaux. Elle peut donc être réalisée

Sous forme d'amendements humifères (organique) ou minéraux (chimique).

Dans ce chapitre, nous aborderons plusieurs points liés aux engrais en général et aux engrais azotés en particulier, nous discuterons plusieurs points importants :

- Les éléments principaux et secondaires les plus importants présents dans les engrais.
- Différents types d'engrais utilisés vieux et moderne.
- Enfin, bon usage de l'engrais et les domaines les plus importants dans lesquelles il est utilisé.

## I.2.Composition d'un engrais : [5]

### I.2.1. Principaux Composants d'un engrais :

#### I.2.1.1.Azote(N) :

L'azote est un élément majeur pour la fertilisation des végétaux, il est prélevé dans le sol sous forme soit nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ) soit ammoniacal ( $\text{NO}_4^+$ ). Il a plusieurs rôles dans le développement de la plante. Il est le moteur de la croissance végétale et contribue au développement végétatif de toutes les parties aériennes de la plante, feuilles, tiges et formation des graines d'où sa contribution à l'amélioration du rendement.

#### I.2.1.2.Phosphore(P) :

Le phosphore a pour rôle de renforcer la résistance des plantes et contribue à la croissance et au développement des racines, de la fructification et de la mise à graine. Il est moins consommé par la plante que l'azote et le potassium et il faudra veiller à ce que son apport ne soit jamais trop élevé. Une carence en phosphore est rare, et c'est surtout en début de végétation qu'il sera utile d'en apporter. Les "engrais équilibrés" qui contiennent autant de phosphore que d'azote ou de potassium sont souvent surdoses en phosphore si on désire les utiliser en toute saison.

### **I.2.1.3. Potassium(K) :**

Le potassium est un élément qui contribue à favoriser la floraison et le développement des fruits. Il a également une action de renforcement de la résistance aux maladies et au froid, la limitation de la rigidité de la tige. Il est utilisé pour la production de sucres et autres arômes présents dans les fruits et doit être plus dosé que l'azote et le phosphore lorsque c'est la production de fleurs ou de fruits qui est attendue. Son surdosage bloque l'assimilation du magnésium, et de l'azote. D'où l'importance fondamentale de la maîtrise des dosages et calculs.

## **I.2.2. Composition secondaires d'un engrais :**

### **I.2.2.1. Calcium(Ca) :**

Le calcium a un rôle extrêmement important dans la constitution des tissus végétaux et permet aux plantes de mieux se développer. Il permet d'augmenter la résistance des tissus végétaux, une meilleure tenue de la tige et un développement normal du système racinaire.

### **I.2.2.2. Magnésium(Mg) :**

Élément de base de la chlorophylle. Elle permet à la plante d'effectuer les transformations chimiques des éléments nutritifs et l'assimilation et la migration du phosphore dans la plante.

### **I.2.2.3. Fer(Fe) :**

Élément indispensable mais très peu nécessaire en quantité, il devient phyto-toxique au delà d'un certain seuil. Un manque de fer se caractérise par une chlorose (perte de la couleur verte du limbe des feuilles) rendant peu efficace la photosynthèse.

### **I.2.2.4. Soufre(S) :**

Le soufre est nécessaire à la croissance des plantes. Il entre dans la composition des feuilles et des parties vertes de la plante. C'est un constituant important des acides aminés, il joue un rôle essentiel dans la tolérance des plantes aux stress environnementaux, il est aussi utilisé comme correcteur de pH dans les sols trop calcaires.

### I.3. Les différents types d'engrais :

#### I.3.1. L'engrais naturel :

Parmi les engrais naturels, on recense principalement les engrais minéraux et les engrais organiques. De la même façon, il existe des engrais minéraux naturels et des engrais organiques naturels.

##### I.3.1.1. Engrais minéraux :

Les engrais minéraux naturels sont des éléments inertes provenant de gisements naturels (potasse et phosphate). Ils sont rarement utilisés de nos jours. La plupart des engrais minéraux actuellement employés sont issus de l'industrie chimique plutôt que de gisements naturels ; de ce fait, on assimile souvent, mais à tort, engrais minéraux et engrais chimiques. Théoriquement, il existe bel et bien des engrais minéraux naturels.

##### I.3.1.2. Engrais organiques :

Les engrais organiques sont par définition des engrais issus de matières vivantes, animales ou végétales. En théorie, ce sont des engrais naturels. C'est bien le cas lorsque ces derniers sont issus d'une matière naturelle clairement identifiée :

- Animale : corne broyée, sang séché, guano, poudre d'os, arêtes de poissons...
- Végétale : algues, purin de consoude ou d'ortie, engrais vert...

#### I.3.2. L'engrais chimique :

Aujourd'hui, la majorité des engrais utilisés en agriculture sont d'origine chimique.

L'industrie chimique permet d'obtenir par synthèse les divers éléments dont les végétaux ont besoin : en priorité azote, phosphore et potassium, mais aussi calcium (Ca), magnésium (Mg) et soufre (S).

Les engrais simples ne sont cependant composés que d'un seul élément : N, P, K, Ca, Mg ou S. Les engrais composés comprennent généralement au moins trois éléments (N, P et K en proportions variables). [6]

- Les trois types célèbres dans l'industrie chimique des engrais sont :

### **I.3.2.1. Engrais azotés :**

Les engrais azotés proviennent de la synthèse de l'ammoniac à partir de l'azote de l'air et d'hydrogène. Cette réaction chimique consomme beaucoup d'énergie. C'est pourquoi les usines de synthèse de l'ammoniac sont situées dans les régions de l'énergie et disponibles à un prix favorable. Il est parfois possible d'utiliser les gaz provenant de gisement de pétrole au lieu de les brûler dans des torchères. Le prix de l'unité d'azote sous forme d'engrais varie comme le prix de l'énergie.

L'ammoniac gazeux peut être utilisé comme engrais mais il doit être conservé dans des cuves réfrigérées et sous pression et être injecté directement dans le sol. Pour fabriquer des engrais plus faciles à utiliser, on combine l'ammoniac sous forme de sel ou d'urée ou on l'oxyde en nitrate en le brûlant avec l'oxygène de l'air.

- On en détermine plusieurs types :

Les engrais ammoniacaux où tout l'azote est sous forme ammoniacale, les engrais ammoniaco-nitriques : Ils contiennent la moitié de l'azote sous forme ammoniacale et l'autre moitié sous forme nitrique, et les engrais nitriques.

### **I.3.2.2. Engrais phosphatés :**

Le phosphore naturel provient principalement de roches sédimentaires largement réparties dans le monde (Maroc, Sénégal, Togo, etc.) et parfois de roches éruptives qui ont l'avantage de contenir du cadmium. D'autres sources de phosphate peuvent être utilisées : la poudre d'os calciné, les guanos, qui résultent de l'évolution de déjections d'oiseaux de mer sur des îlots.

### **I.3.2.3. Engrais potassique**

La potasse est un élément particulièrement favorable à la coloration et à la qualité des fruits. Elle augmente la résistance des plantes aux maladies et au froid. Les engrais potassiques sont très solubles dans l'eau et se fixent bien dans le sol, sauf dans les sols très sableux. [7]

## I.4. Les sources des engrais NPK :

### I.4.1. Les engrais azotés :

La consommation mondiale des engrais azotes a une tendance croissante et a atteint près de 98 millions tonnes d'azote (t N). La Source principale de l'azote utilisée par les plantes est l'atmosphère.

Dans l'industrie des engrais, l'azote est fixe chimiquement pour former l'ammoniac selon la réaction suivante :



L'ammoniac est ensuite transformé en réagissant avec d'autres produits pour donner naissance à d'autres engrais azotes.

### I.4.2. Les engrais phosphatés :

18 % des engrais phosphates sont utilisés dans la culture des céréales, en deuxième lieu se trouve la culture du riz et du maïs avec près de 13 %. Ces engrais sont produits à partir des roches phosphatées sources de phosphore. Pour rendre le phosphore soluble, la roche est attaquée par l'acide sulfurique pour produire l'acide phosphorique. Le processus de fabrication permet de produire du superphosphate simple ou triple qui est utilisé directement comme engrais phosphatés. Ces derniers sont utilisés aussi en combinaison avec d'autres sources d'azote ou de potassium pour produire les engrais composés.

Phosphate + acide sulfurique + eau + gypse

Fluorure d'hydrogène + acide phosphorique

Les différents engrais produits à partir de l'attaque de la roche

Phosphatée par l'acide sulfurique.

### I.4.3. Les engrais potassiques :

Les réserves connues et économiquement exploitables sont suffisantes pour plusieurs décennies et les prix élevés stimulent la prospection minière. Le principal engrais potassique utilisé est le chlorure de potassium (à plus de 95 % en KCl). Sa teneur est généralement exprimée en équivalent  $K_2O$ . Le KCl à usage agricole titre, en moyenne, 60 à 61 % de  $K_2O$ . L'autre engrais potassique utilisé (en faibles quantités par rapport à KCl) est  $K_2SO_4$  qui est préparé par action de l'acide sulfurique sur KCl ou à partir d'autres minerais.[8]



# **Chapitre II**

**L'état actuel (Statistique sur la réduction des engrais) En Algérie**

## II.1 Introduction :

L'Algérie dépend de son économie sur les hydrocarbures par un grand pourcentage, c'est ce qui a fait la production en dehors du secteur des hydrocarbures est moins importante, mais cela n'a pas empêché l'industrie des engrais de trouver sa place parmi les produits les plus fabriqués par l'Algérie et peut surmonter d'autres industries en termes de production et d'exportation à l'étranger, cela aide l'Algérie à obtenir les devises en plus et améliorer l'économie nationale.

Dans ce chapitre nous allons apprendre à propos de ce qui suit :

- Les quantités d'engrais exportés à l'étranger.
- La consommation locale d'engrais et les prix des types les plus utilisés.

## II.2-L'exportation :

Dans la structure des exportations Algériennes, les hydrocarbures continuent à représenter l'essentiel de nos ventes à l'étranger durant le premier semestre 2017 avec une part de 94,75% du volume global des exportations, et une hausse de 38,32% par rapport à la même période 2016.

Quant aux exportations « hors hydrocarbures », elles demeurent toujours marginales, avec seulement 5,25% du volume global des exportations soit une valeur de 952 millions de dollars US. Elles ont enregistré une hausse de 6,25% par rapport au premier semestre 2016.

Les principaux produits hors hydrocarbures exportés, sont constitués essentiellement par le groupe « demi-produits » qui représente une part de 3,81% du volume global des exportations soit l'équivalent de 691 millions de dollars US. Le groupe « biens alimentaires » vient en seconde position avec une part de 1,04% soit 189 millions de dollars US suivi par le groupe « produits bruts » avec la part de 0,19% soit en valeur absolue 34 millions de dollars US, et enfin les groupes « biens d'équipement industriels » et « biens de consommations non alimentaires » avec les parts respectives de 0,16% et 0,05%. [9]

Les principaux produits hors hydrocarbures exportés sont :

Tableau N°1 :Statistique sur la production des engrais en Algérie[9]

Principaux Produits	1 er SEM 2016		1 er SEM 2017		Evolution (%)
	Valeurs	Struc %	Valeurs	Struc %	
HUILES ET AUTRES PRODUITS PROVENANT DE LA DISTILLATION DES GOUDRONS	219,12	24,46	294,65	30,95	34,47
AMMONIACS ANHYDRES	174,20	19,44	211,60	22,23	21,47
SUCRES DE CANNE OU DE BETTERAVE	79.80	8.91	121.10	12.72	51.75
ENGRAIS MINERAUX OU CHIMIQUES AZOTES	215.50	24.05	115.00	12.08	-46.64
DATTES	22.40	2.50	29.60	3.11	32.14
PHOSPHATE DE CALCIUM	28.40	3.17	27.30	2.87	-3.87
MACHINE A LAVER LE LINGE	1.00	-	18.80	1.97	-
HYDROCARBURES CYCLIQUES	23.20	2.59	14.00	1.47	-39.66
HYDROGENE ET GAZ RARES	14.50	1.62	16.63	1.75	14.69
ALCOOLS ACYCLIQUES	18.30	2.04	11.01	1.16	-39.84
Sous Total	796.42	88.89	859.69	90.30	7.94
Total du Groupe	896	100%	952	100%	6.25

### II.3 Labours-semailles 2017-2018 plus de 1 million de quintaux de semence mobilisés :

S'agissant de la campagne labours-semailles qui a débuté le 1er octobre 2017, se déroule dans de très bonnes conditions,

En somme, la quantité de semence contrôlée et certifiée mobilisée pour la campagne 2017-2018 est de près de 1,13 million quintaux contre 841.100 quintaux durant la campagne écoulée.

Quant aux engrais, la quantité mobilisée jusqu'au 18 septembre en cours pour cette campagne est de **519.380 quintaux**.

Ces engrais sont composés d'engrais de fond avec 253.400 quintaux et d'engrais de couverture avec 265.980 quintaux (mobilisés jusqu'au 18 septembre en cours).[10]

# **Chapitre III**

**Les procédés de préparation des engrais**

### III.1.introduction :

L'azote est un élément essentiel à l'industrie des engrais. Malheureusement, il n'existe pratiquement pas de composés azotés sous forme de gisements économiquement exploitables et il est donc nécessaire de recourir à une synthèse industrielle.

Le chimiste allemand Fritz Habera inventé un procédé chimique de synthèse d'ammoniac, et le monde est témoin d'un développement dans le domaine des engrais en termes de quantité et de qualité c'est grâce à ce procédé.

Dans ce chapitre, nous allons présenter ce procédé, la date de sa création et les méthodes d'utilisations.

### III.2.Procédé Haber :

Le procédé Haber est un procédé chimique destiné à synthétiser de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) à partir du diazote ( $\text{N}_2$ ) gazeux atmosphériques du dihydrogène ( $\text{H}_2$ ) gazeux en présence d'un Catalyseur.[11]

Le chimiste allemand Fritz Haber parvint, en 1909, à mettre au point un procédé chimique qui permettait d'extraire du diazote atmosphérique sous forme d'ammoniac liquide, c'est le procédé Haber .Une équipe de recherche de la société BASF parvint, en 1913, à mettre au point la première application industrielle du procédé Haber.[12]

Le procédé Haber-Bosch a une importance économique considérable, car il est difficile de fixer l'azote, en grandes quantités et à un coût peu élevé, à l'aide des autres procédés mis au point. L'ammoniac ainsi obtenu sert le plus souvent à créer des engrais azotés synthétiques, lesquels sont essentiels pour alimenter le tiers de la population mondiale au début du XXIe siècle. [13] Par exemple, le sel d'ammonium et le nitrate, obtenus à partir de l'ammoniac, servent à la fabrication de l'urée et du nitrate d'ammonium. Le procédé a également une importance militaire certaine, car l'ammoniac peut être transformé en acide nitrique, précurseur de la poudre à canon et d'explosifs puissants (comme le TNT et la nitroglycérine). [14]

### III.3. Historique:

Tout au long du XIXe siècle, la demande de nitrates et d'ammoniac pour l'utilisation comme engrais et matières premières industrielles n'a cessé d'augmenter. La principale source était les gisements miniers. Au début du XXe siècle, on prévoyait que ces réserves ne pourraient pas satisfaire les demandes futures [15] et la recherche de nouvelles sources potentielles d'ammoniac devint plus importante. La source évidente était l'azote atmosphérique ( $N_2$ ), comprenant près de 80% de l'air, mais  $N_2$  est exceptionnellement stable et ne réagira pas facilement avec d'autres produits chimiques. La conversion de  $N_2$  en ammoniac a représenté un défi pour les chimistes du monde entier.

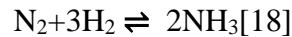
Haber, avec son assistant Robert Le Rossignol, a développé les dispositifs à haute pression et les catalyseurs nécessaires pour démontrer le processus Haber à l'échelle du laboratoire. [16] Ils ont démontré leur procédé à l'été 1909 en produisant de l'ammoniac à partir de l'air, goutte à goutte, à raison d'environ 125 ml par heure. Le procédé a été acheté par la société chimique allemande BASF, qui a confié à Carl Bosch la tâche d'étendre la machine de table de Haber à une production de niveau industriel. Il a réussi en 1910. Haber et Bosch ont ensuite reçu des prix Nobel, en 1918 et 1931 respectivement, pour leur travail à surmonter les problèmes chimiques et techniques de la technologie à haute pression, à flux continu, à haute pression.

L'ammoniac a été fabriqué pour la première fois à l'échelle industrielle en 1913 par le procédé Haber dans l'usine de BASF apparue en Allemagne, atteignant 20 tonnes par jour l'année suivante. Pendant la Première Guerre mondiale, la production de munitions nécessitait de grandes quantités de nitrate. Les Alliés avaient accès à de gros gisements de nitrate de sodium au Chili (Chili salpêtre) contrôlés par des sociétés britanniques. L'Allemagne n'ayant pas de telles ressources, le processus Haber s'est avéré essentiel à l'effort de guerre allemand. L'ammoniac synthétique du procédé Haber a été utilisé pour la production d'acide nitrique, un précurseur des nitrates utilisés dans les explosifs.[17]

### III.4.Description :

#### III.4.1. Principe Général :

La synthèse de l'ammoniac est réalisée par réaction directe entre le dihydrogène et le diazote, en présence d'oxydes de fer comme catalyseur selon :



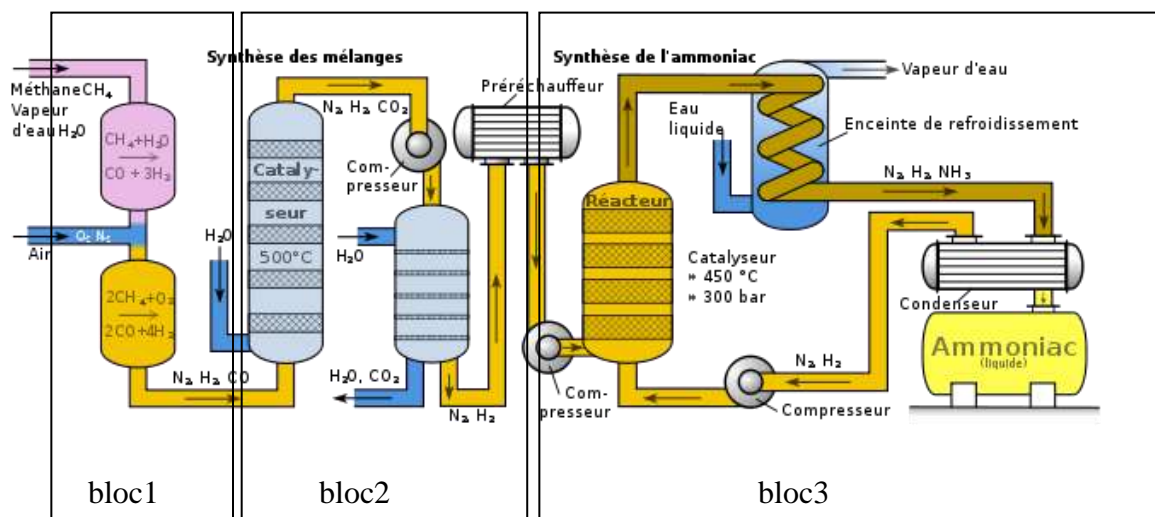
On opère à des pressions élevées (200 à 300 bars) et une température de l'ordre de 500°C, cette température étant une température de compromis.

On fait de plus réagir le di azote et le dihydrogène dans des proportions stœchiométriques. Le diazote provient de l'air. Le dihydrogène est produit par reformage du méthane (ou d'autres hydrocarbures plus lourds) par la vapeur d'eau.

Il est nécessaire de limiter la présence de gaz inertes dans le réacteur afin d'améliorer le rendement de la réaction.

Il faut de plus éliminer toute trace de CO et CO<sub>2</sub> afin d'éviter notamment la désactivation du catalyseur de la synthèse d'ammoniac.

Le procédé industriel de Haber-Bosch, finalisé en 1913, répond aux différentes contraintes évoquées ci-dessus. Un schéma de principe, simplifié est donné figure1. [19]



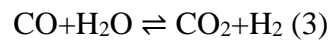
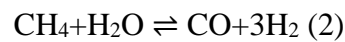
**Fig. 1** : Schéma simplifié du procédé Haber-Bosch pour la synthèse industrielle d'ammoniac.

[19]

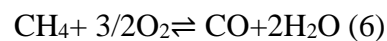
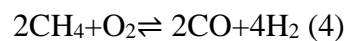


Le bloc 1 réalise la production de  $H_2$  par reformage du méthane en deux étapes

Le reformage primaire où se déroulent principalement les réactions :



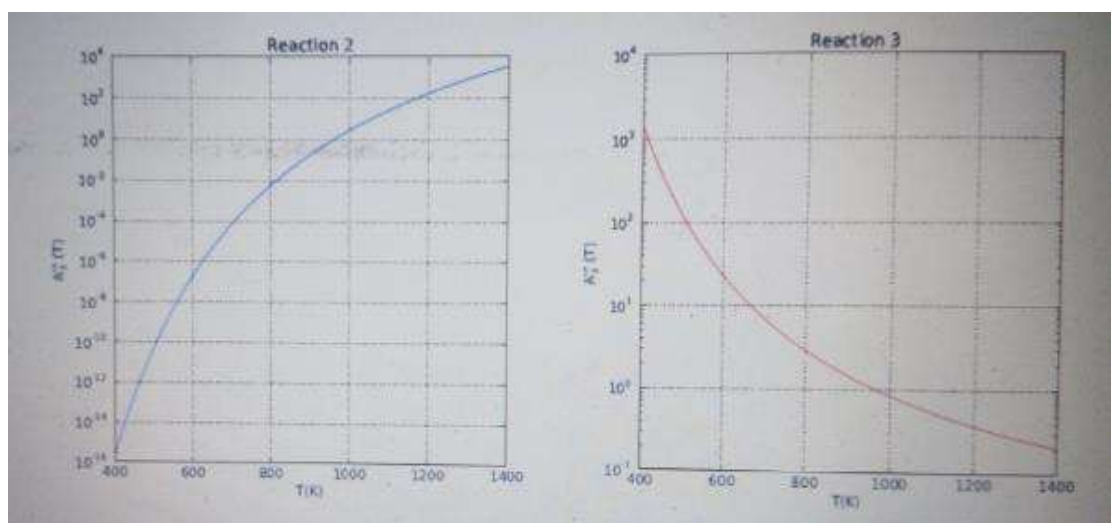
Le reformage secondaire:



Le bloc 2 réalise la purification du mélange par :

- Conversion du monoxyde de carbone en dioxyde de carbone selon la réaction (3).
- Élimination du dioxyde de carbone (décarbonatation) par absorption en solution aqueuse.
- Élimination des traces de CO et  $CO_2$  par un dispositif non représenté sur le schéma de principe (méthanation).

Le bloc 3 réalise la synthèse de  $NH_3$  et son stockage sous forme liquide :



**Fig. 2 :** Constantes d'équilibre des réactions 2et 3. [19]

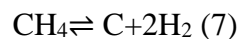
### III.4.2. Étude des différentes étapes :

#### III.4.2.1. Étude du bloc 1 : production de H<sub>2</sub> :

Le reformage se fait en deux étapes, le reformage primaire et le reformage secondaire (ou post-combustion). Entre ces deux étages se trouvent des échangeurs de récupération d'énergie thermique qui permettent de préchauffer certains flux du procédé. L'alimentation du Bloc 1 en méthane se fait à une pression de l'ordre de 25 bars.

##### III.4.2.1.1. Reformage primaire :

Les courbes donnant les constantes d'équilibre des réactions (2) et (3) en fonction de T sont représentées sur la figure 2. De plus, une réaction parasite de cokage peut se produire à certaines températures, selon :



L'enthalpie libre standard de cette réaction vaut  $\Delta_r G^0(T) = 74400 - 80,77T \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}$ . En pratique, on travaille à une pression comprise entre 25 et 30 bars. À la température de travail, la conversion du méthane est d'environ 90%. Il faut donc une étape supplémentaire pour brûler le méthane restant.

##### III.4.2.1.2. Reformage secondaire :

Les gaz sortant du réacteur de reformage primaire sont mélangés à de l'air (de débit variable). Il y a alors oxydation du méthane selon les réactions (4), (5) et (6). En sortie du bloc 1, la température des gaz est de l'ordre de 1000 °C et le mélange gazeux contient moins de 0,5% en méthane.

#### III.4.2.2. Étude du bloc 2 : purification du mélange :

Il est indispensable de purifier le mélange gazeux en CO et CO<sub>2</sub> avant son entrée dans le bloc 3. La purification est réalisée en trois étapes :

##### III.4.2.2.1. Conversion du monoxyde de carbone :

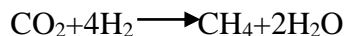
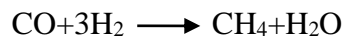
Le mélange gazeux en sortie du bloc 1 est refroidi par passage dans une chaudière, à une température d'environ 400°C, conditions acceptables pour la conversion de CO.

##### III.4.2.2.2. Décarbonatation :

La décarbonatation repose sur l'absorption de gaz dans une solution liquide. Le mélange gazeux passe à nouveau dans une chaudière de refroidissement puis est dissout dans une solution de soude ou de carbonate de sodium.

**III.4.2.2.3. Méthanation :**

Les traces de monoxyde et de dioxyde de carbone sont retransformées en méthane qui se comporte dans le bloc 3 comme un gaz inerte. On se place dans des conditions expérimentales permettant les réactions totales suivantes :

**III.4.2.3. Étude du bloc 3 (boucle de synthèse) :**

La boucle de synthèse est le cœur de l'installation puisqu'elle conduit à la formation de l'ammoniac.

L'étage de compression est réalisé par un ensemble de plusieurs compresseurs et échangeurs. [20]

**III.5. Production annuelle :**

Pour l'année 2000 ou 2001, Smil affirme que la production annuelle d'ammoniac aurait été d'environ 130 millions de tonnes, dont les 4/5 auraient été transformés en engrais azotés. Pour l'année 2002, Modak affirme que le procédé Haber-Bosch aurait permis la production annuelle de 130 millions de tonnes d'engrais azotés, la plupart sous la forme de sulfate d'ammonium, de phosphate d'ammonium ((NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), de nitrate d'ammonium et d'urée. Selon Lawrence, en 2002, 90 millions de tonnes d'engrais azotés, fabriqués à partir d'ammoniac synthétique, auraient été consommés.

Selon Smil, les productions de l'ammoniac et de l'acide sulfurique sont les deux plus importantes par la masse vers la fin des années 1990. Selon Modak, la production de l'ammoniac est la sixième plus importante par la masse en 2002. [21]

# **Chapitre IV**

**Partie Pratique**

### IV.1. Matériels et méthodes :

Les matériels et les réactifs utilisés dans cette expérience sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau N°2 : Matériels et réactifs utilisés dans l'expérience**

Matériels	Réactifs
- Plaque chauffante	
- Chauffe ballon	
- Réfrigérant ascendant	- HCl 37%
- Bécher 250 ml	- NH <sub>3</sub> 30%
- Eprouvette graduée 100 ml	- Eau distille
- Thermomètre 200°C	
- Ballon Bicol 250 ml	
- Fiole jaugée 100 ml	
- Pycnomètre 50 cm <sup>3</sup>	
- Pompe à vide	
- Papier filtre	
- Verre de montre	
- Balance de précision quatre chiffres	
- Mortier	
- Séchoir électrique	
- Entonnoir Buchner	
- Fiole à vide	
- Spectromètre infrarouge (IRFT-ATR)	

### IV.2. Préparation des réactifs :

Nous avons préparé à partir d'Ammoniac (NH<sub>3</sub>) 30%, différentes solutions de concentrations suivantes : 5%, 10%, 15%, 20%, 25% et 30%,

Selon la relation ci-dessous la préparation est faite :

$$\% * 100\text{ml} = 30\% * V$$

**Tableau N°3 : Volumes utilisés dans l'expérience**

% NH <sub>3</sub>	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Volume (ml)	16,66	33,33	50	66,66	83,33	100

Le volume d'acide chlorhydrique (HCl) 37% dans toutes les expériences est constant est égal à 100 ml

### IV.3.Préparation de la première expérience (5% de NH<sub>3</sub>) :

Dans une fiole jaugée de 100 ml on met un volume de 16.66 ml de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) à 30 % et on complète avec de l'eau distillée jusqu'à trait de jauge de 100 ml.

On mélange soigneusement le contenu de la fiole, En parallèle nous préparons 100 ml d'acide chlorhydrique HCl concentré (37 %) dans une fiole jaugée de 100 ml. par suite On fait un montage constitué d'un ballon Bicol de 250 ml et d'un réfrigérant ascendant et on le place dans une chauffe ballon à une température de 60°C. Puis on met l'ammoniac NH<sub>3</sub> (05%) et d'acide chlorhydrique HCl (37%) dans un ballon Bicol 250 ml et on chauffe le ballon à une température de 60 °C et en mettre un thermomètre dans le ballon Bicol pour suivre la température de mélange durant l'expérience qui dure 30 minutes.

Après ce temps on verse le mélange dans un Bécher de 250 ml et on évapore le mélange sur une plaque chauffant à une température de 100 °C et on attend jusqu'à ce que les cristaux de Le chlorure d'ammonium NH<sub>4</sub>Cl se cristallise, Par suite nous procédons à l'étape de séparation par filtration sur Büchner (filtration à vide).

Nous mettons le papier filtre dans un entonnoir Büchner et on allume la pompe à vide en suite nous versons le mélange pour séparer le solide NH<sub>4</sub>Cl et liquide on attend jusqu'à ce que l'opération de filtration soit terminée et retourner le filtrat dans le Bécher sous plaque chauffant pour récupérer le maximum de NH<sub>4</sub>Cl.

Après l'opération de filtration nous séchons Le chlorure d'ammonium NH<sub>4</sub>Cl avec séchoir nous pesons la quantité de chlorure d'ammonium NH<sub>4</sub>Cl avec une balance de précision.

Avec la même manière et les mêmes appareils que nous avons utilisés on prépare les autres solutions (10% ,15%,20% ,25%,30%).

IV.4.Produits et les montages utilisés :

IV.4.1.Les produits :

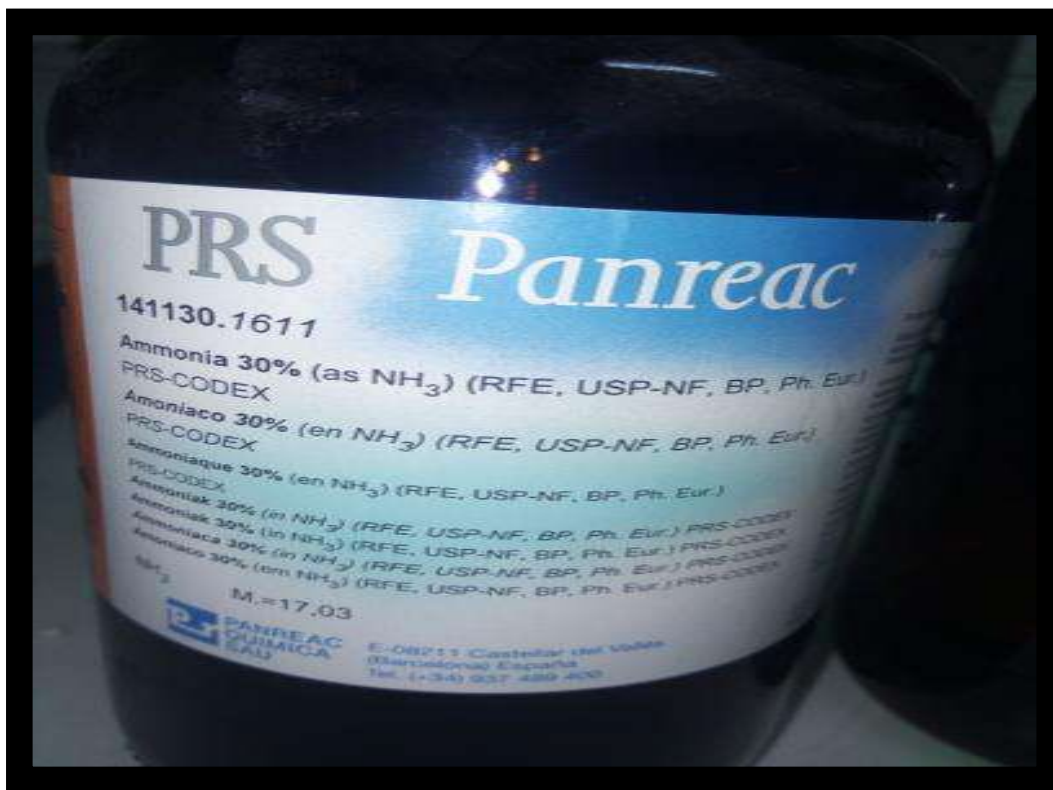


Fig.3 : Ammoniac NH<sub>3</sub> de concentration 30%



Fig.4 : Acide chlorhydrique 37%

## IV.4.2. Les montages :



**Fig.5 :** les produits utilisés pour la préparation des solutions

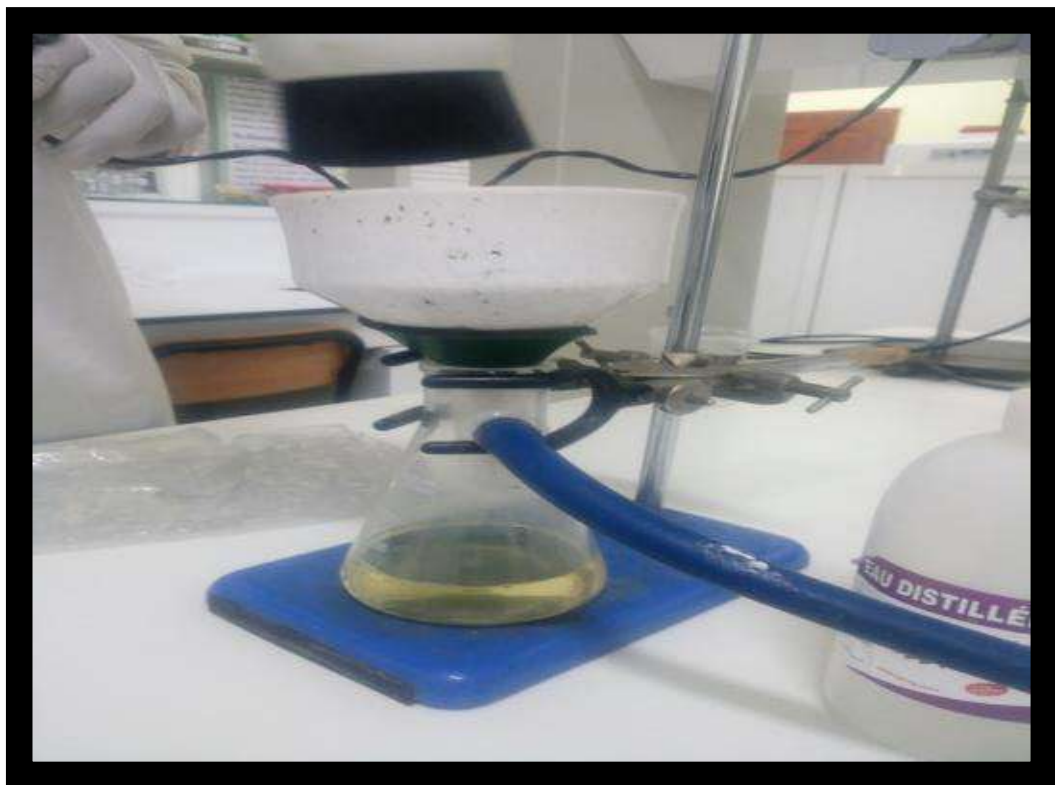


**Fig.6 :** Montage de la réaction





**Fig.7 :** Montage de cristallisation



**Fig.8:** Montage filtrations sur Büchner



**Fig.9 :** Pesage du produit obtenu  $\text{NH}_4\text{Cl}$



**Fig.10 :** Spectromètre infrarouge (IRFT-ATR)



**Fig.11** : Produit obtenu  $\text{NH}_4\text{Cl}$

Les résultats de pesage de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous

**Tableau N°4** : Masses de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  obtenus

% $\text{NH}_3$	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Masse de $\text{NH}_4\text{Cl}$ en (g)	11,3847	23,6990	35,5143	41,5028	44,2142	44,7502

## IV.5.Graphe :

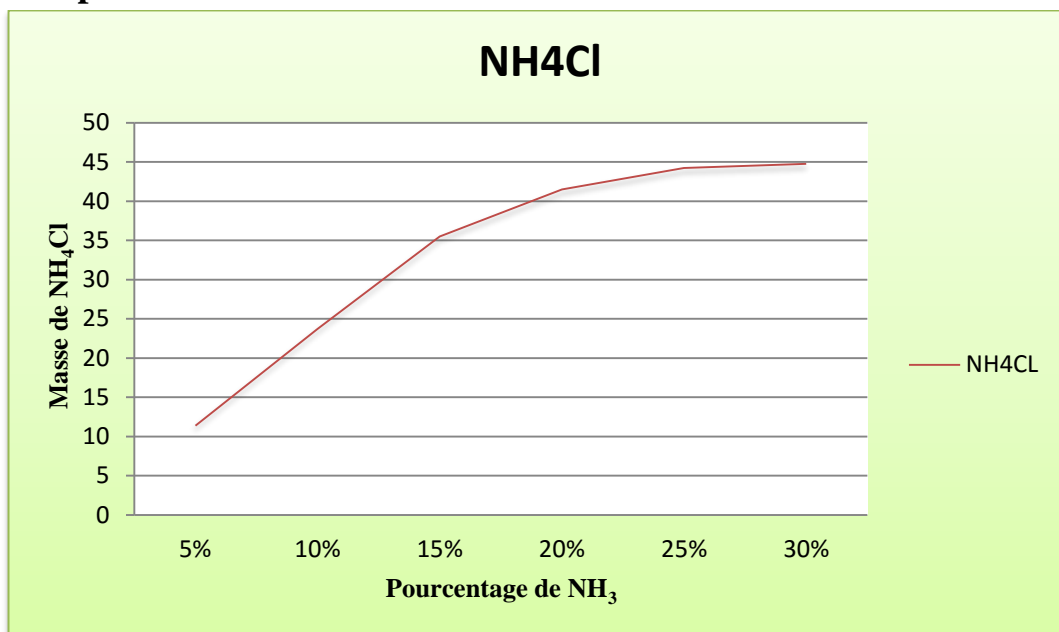


Fig.12 : Masses de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en fonction du pourcentage de  $\text{NH}_3$

## IV.5.1 Interprétation des résultats :

Effet de la concentration  $\text{NH}_3$  sur la masse de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  :

- La courbe ci-dessus montre la variation de la masse chlorure d'ammonium en fonction concentration d'ammoniac
- On remarque qu'à 5% la masse de chlore d'ammonium est de 11,3847 g et à 10% la masse augmente à 23,6990 g.
- La masse de chlorure d'ammonium augmente avec l'augmentation de pourcentage l'ammoniac jusqu'à 25% et 30%, la masse de chlorure d'ammonium est stabilisé. Et cela dû aux conditions initiales de température et la constante de concentration de d'acide chlorhydrique (HCl).

### IV.6. Caractéristiques Physico-chimiques $\text{NH}_4\text{Cl}$ :

Tableau N°5 : les caractéristiques physico-chimiques  $\text{NH}_4\text{Cl}$

Masse molaire	Point de fusion	Densité	pH	Solubilité
53.49 g/mole	340 °C	1.57	5	29.7g/100ml d'eau

### IV.7. Rendement :

Pour calculer le rendement on va déduire d'abord la densité des réactif, sachant que la densité de HCl est connue (la valeur de la densité est mentionnée dans la fiche de donnée de la bouteille). Contrairement la densité de  $\text{NH}_3$  que nous devons calculer à partir des concentrations de cette dernière, on utilise le pycnomètre.

Méthode de détermination de la densité de  $\text{NH}_3$  :

- On remplit le pycnomètre par  $\text{NH}_3$  (5%).
- On obtient la masse de  $\text{NH}_3$  par soustraction de la masse du pycnomètre remplie de la masse de pycnomètre vide.
- La même manière de calcul pour les autres concentrations.

Les résultats sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau N°6 : Résultats de densité et la masse de  $\text{NH}_3$  obtenus

$\text{NH}_3$	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Densité	0,981720	0,959086	0,945974	0,929008	0,9126	0,8920
Relation	$d = m/v$ <span style="margin-left: 150px;"><math>V = 100\text{ml}</math></span>					
Masse de $\text{NH}_3$ (g)	98,1720	95,9086	94,5974	92,9008	91,2600	89,20



**Fig.13 :** Densité par Méthode de Pycnomètre

La densité de HCl constant dans toute l'expérience

Loi de densité  $d = \rho_{(NH_3)} / \rho_{(eau)}$

$$\rho_{(eau)} = 1 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{(NH_3)} = m/v \text{ donc } d = \rho_{(NH_3)} = m/v$$

$$D_{(HCL)} = 1,186 \text{ et } v = 100 \text{ ml}$$

$$\text{Donc } m_{(HCL)} = 118.6 \text{ g}$$

La relation pour le calcul du rendement

$$R = m_{(NH_4CL)} / m_{(NH_3)} + m_{(HCL)}$$

Le résultat de rendement de la réaction est résumé dans le tableau suivant :

**Tableau N°.7:** le rendement de la réaction en fonction de concentration de  $NH_3$

Concentration $NH_3$	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Rendement de reaction (%)	5,25	11,04	16,65	19,62	21,06	21,53

## IV.8. Graphe :

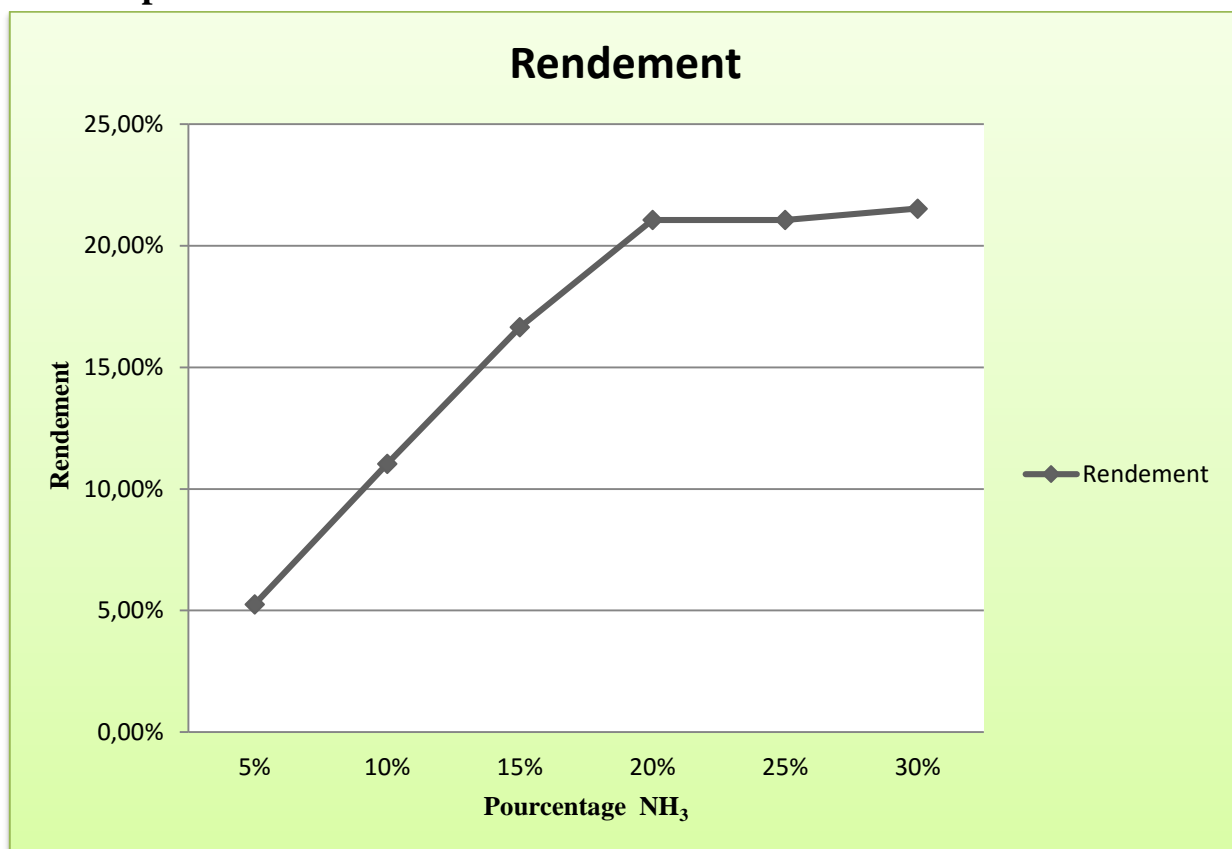


Fig.14 : Rendement de la réaction en fonction le pourcentage de  $\text{NH}_3$

## IV.8.1 Interprétation des résultats :

La courbe ci-dessus représente la variation de rendement en fonction de la concentration d'ammoniac, on voit que lorsque la concentration d'ammoniac est 5% et le rendement est de 5.25%. Donc le rendement augmente en parallèle avec la concentration d'ammoniac, lorsque la concentration est aux environs de 20% de concentration d' $\text{NH}_3$  le rendement va se stabiliser.

IV.9. Le spectre infrarouge :

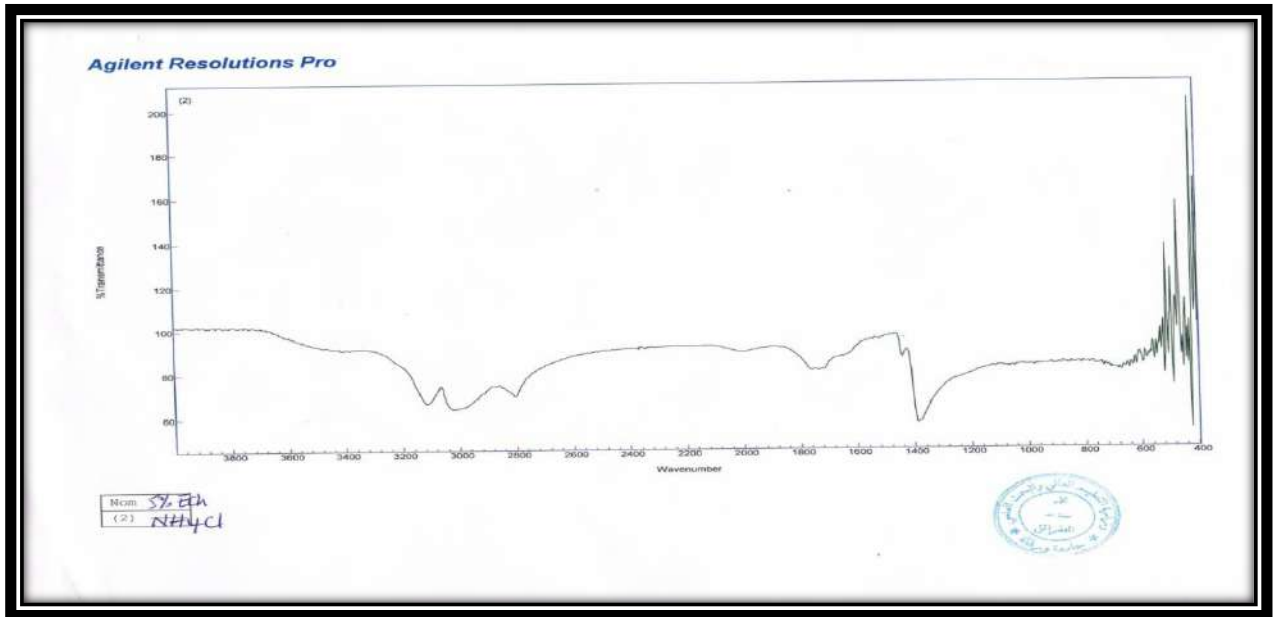


Fig.15 : Spectre infrarouge de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  à 5% d'ammoniac

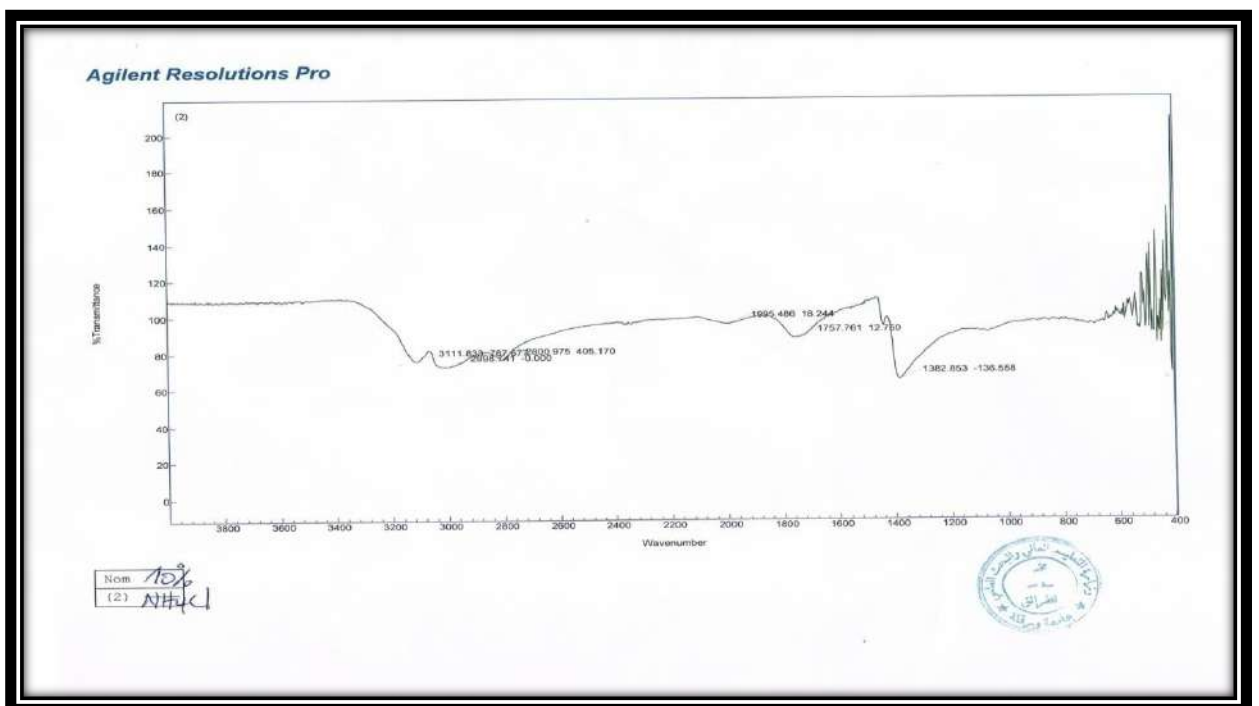


Fig.16 : Spectre infrarouge de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  à 10% d'ammoniac



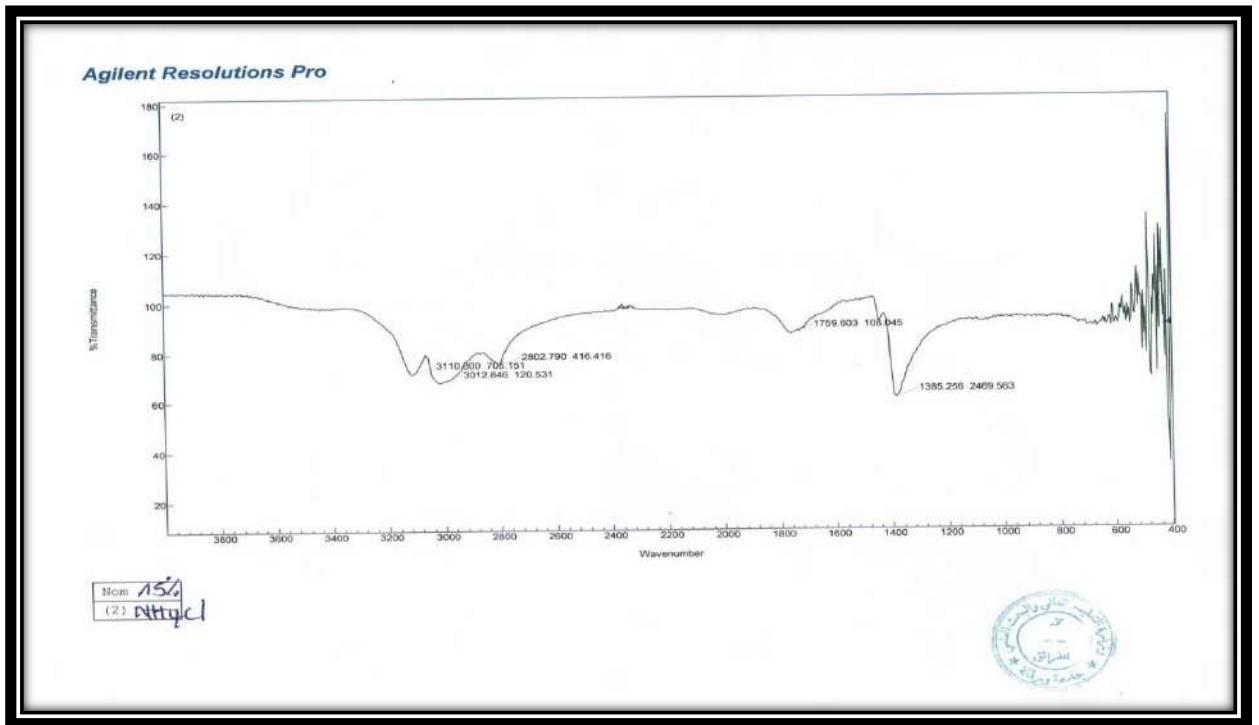


Fig17 : Spectre infrarouge de NH<sub>4</sub>Cl à 15% d'ammoniac

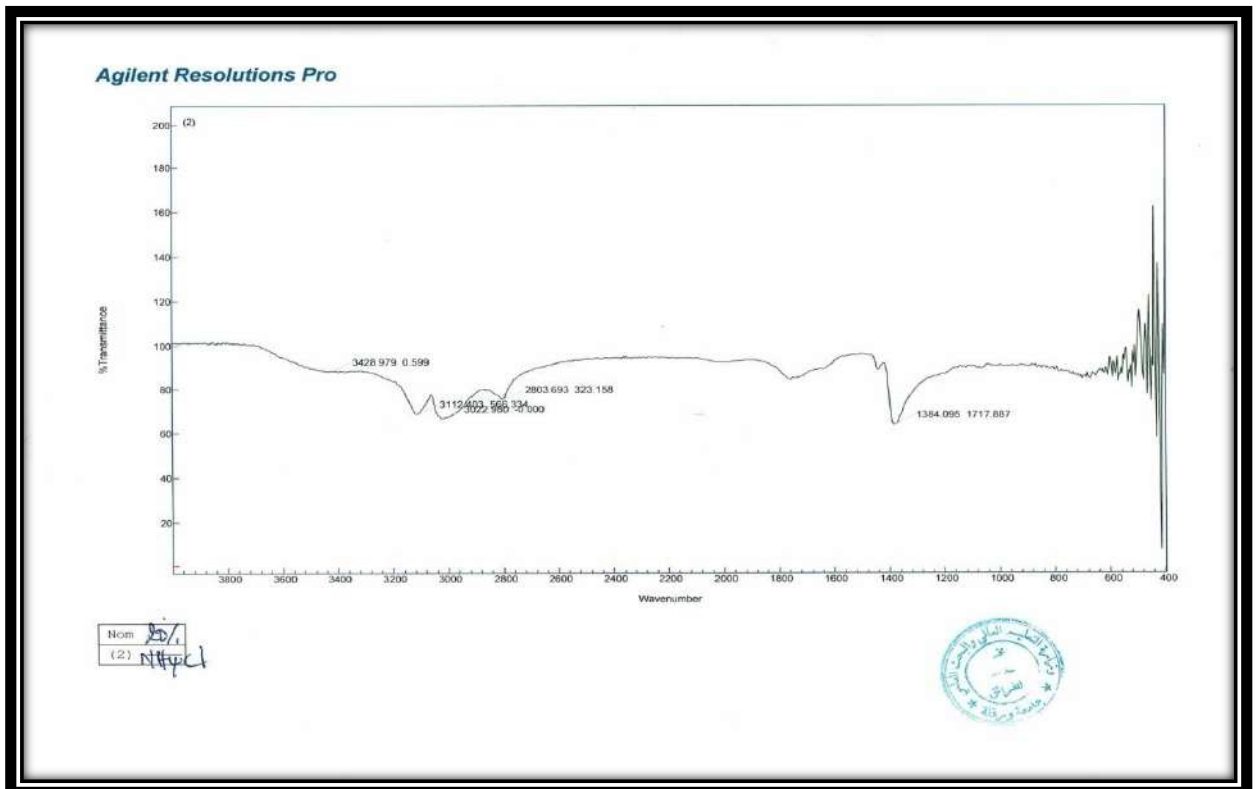


Fig.18 : Spectre infrarouge de NH<sub>4</sub>Cl à 20% d'ammoniac

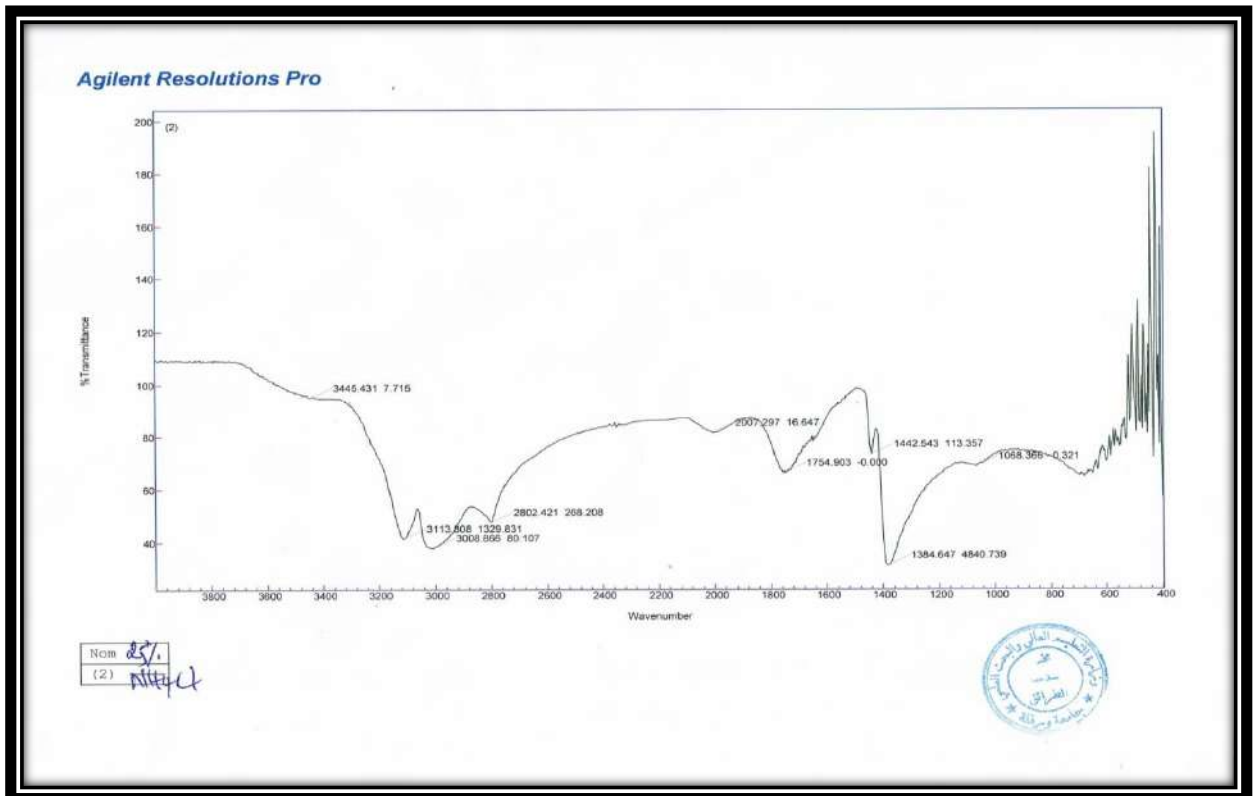


Fig.19 : Spectre infrarouge de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  à 25% d'ammoniac

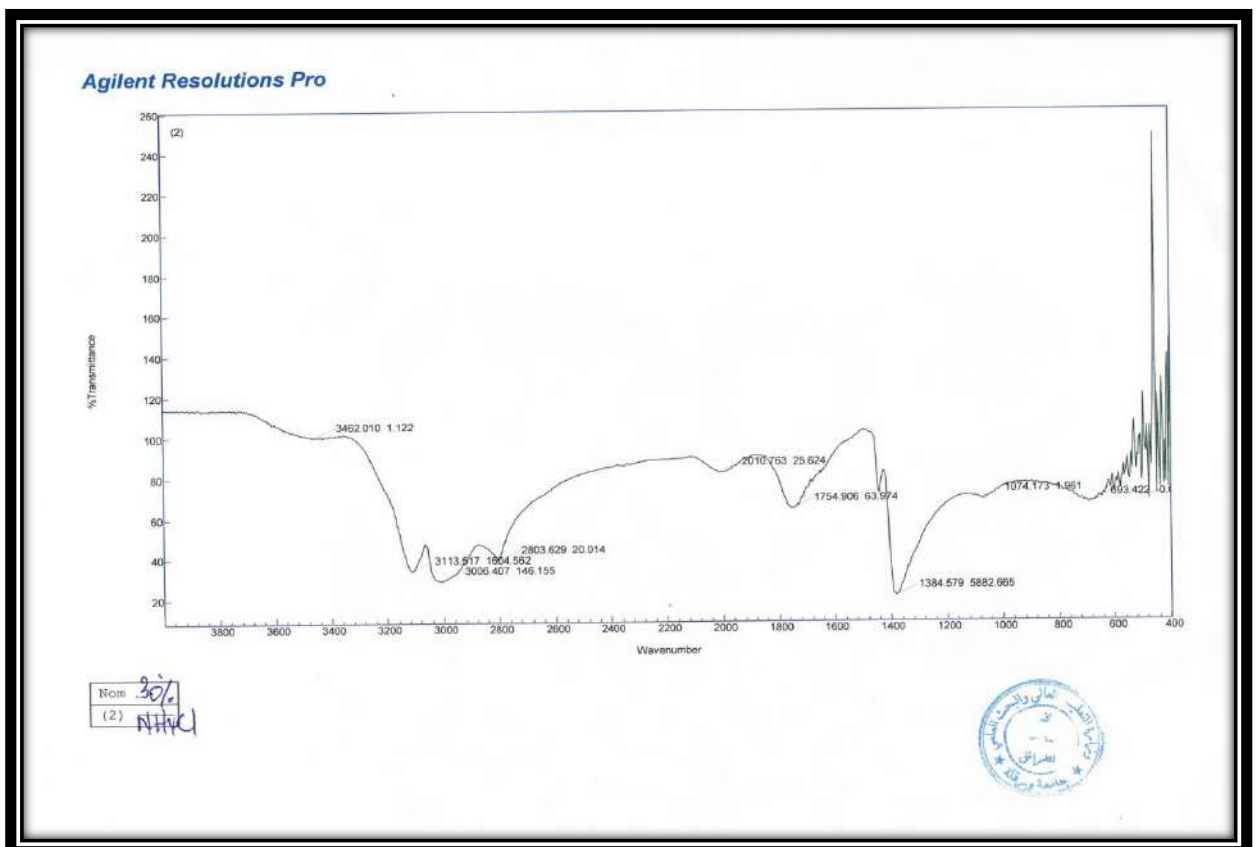


Fig.20 : Spectre infrarouge de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  à 30% d'ammoniac

**IV.9.1 Interprétation du spectre Infrarouge :**

3200-3100  $\text{cm}^{-1}$  : Bande de vibration de valence correspondent au groupement N-H

2900-2800  $\text{cm}^{-1}$  : Bande de vibration de valence correspondent au groupement N-Cl

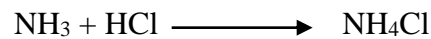
1400-1300  $\text{cm}^{-1}$  : Bande de vibration de déformation correspondent au groupement N-H amide

### IV.10. Etude d'économie :

Le coté économique est un des éléments clés dans l'étude technico-économique. ce derniers est nécessaire dans l'évaluation des couts de produits agricoles

C'est pour cela on a pensé a développe un nouveau produit et de le mettre dans le marché agricole, sous le nom commercial chlorure d'ammonium.

Pour limiter le prix et la comparaison avec d'autres engrais .on a suivi les étapes suivantes :



Une mole d'ammoniac plus une mole d'acide chlorhydrique égale une mole de chlorure d'ammonium

Le prix d'un 1 Kg d'ammoniac égale à 180.00 DA

Le prix d'un 1 Kg d'acide chlorhydrique égal à 200. 00 DA

Donc la somme entre des deux égale 380.00 DA

Le rendement de la réaction est de 80%

Pour calculer le prix de chlorure d'ammonium on a :

$$\begin{array}{l} 1 \text{ Kg} \longrightarrow 380.00 \text{ DA} \\ 0.8 \text{ Kg} \longrightarrow X \\ X = 0.8 \times 380.00 = 304, 00 \text{ DA} \\ 1 \text{ Q} = 100 \text{ kg} \\ 1 \text{ Q} \longrightarrow 30400.00 \text{ DA} \\ 30400.00 \text{ DA} \longrightarrow 100 \% \\ X \longrightarrow 25 \% \\ X = 25 \times 30400 / 100 = 7600.00 \text{ DA} / \text{Qx} \end{array}$$

## IV.10.1 La comparaison:

Tableau N°8 : Les engrais et les prix dans le marché Algérien

Les engrais	Les prix
Urée 46% d'azote	4548.70 DA/Qx
TSP 46%	6556.00DA/Qx
NPK 15% ,15%, 15%	8197.27DA/Qx
MAP 12% ,52%,0%	8870.00DA/Qx
NH <sub>4</sub> CL 25% d'azote	7600.00DA/Qx

L'azote est un élément vital dans le développement des plantes et de la végétation, la qualité d'engrais dépend principalement de l'élément azoté c'est pour sa raison que deux paramètres sont nécessaires pour la comparaison entre les fertilisants.

- Le premier paramètre est le pourcentage d'azote,
- Le deuxième paramètre est le prix.

D'après les résultats obtenus on remarque que notre produit est conforme aux normes internationales et présente un prix très acceptable sur le plan national et international.

## CONCLUSION GENERALE

L'agriculture est considérée comme l'élément le plus important pour assurer la sécurité alimentaire, comme autant de pays basé sur son économie. Les engrais azote jouent grand rôle dans le développement des cultures. Les engrais azote malgré le danger de leurs synthétisés. Ils présentent des avantages très confédéraux.

Le chlorure d'ammonium est un élément qui fait partie de ces engrais, c'est ce dernier qu'a fait l'objet de notre travail de mémoire de fin d'études.

L'objectif principal de notre travail, c'est la synthèse d'un fertilisant azoté à partir de deux réactifs, l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) de différents concentration moins que 30% et l'acide chlorhydrique HCl) de concentration de 37%.

Après cette synthèse nous avons obtenus les résultats mentionnés dans les points suivants :

- Le produit final est pur et sous forme de cristaux blanc
- Les rendements de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  de chaque expérience très acceptables.
- Après l'analyse par spectre infrarouge nous avons trouvé que le produit final est très pur ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).
- L'étude économique a prouvé que les prix de ce produit est concurrentiel par rapport à d'autres engrais utilisé en Algérie.

Les objectifs tracés dans notre travail de mémoire de fin d'études sont atteint.

Comme recommandation on suggère les points suivants :

- L'optimisation des conditions expérimentales de la réaction
- Trouver d'autres applications du produit développé dans d'autres secteurs
- Faire de la promotion pour ce nouveau produit dans le secteur agricole

## Références Bibliographiques

- [1]-Draft, *Manuel de Formation Statistiques sur les Engrais en Afrique*, 2012, p20.
- [2]-AKA D, *L'importance de l'utilisation des engrais*, 2009, p14.
- [3]-Pierre BERTHELIER et Anna LIPCHITZ, *Quel rôle joue l'agriculture dans la croissance et le développement*, Revue Tiers Monde, 2005, vol. 10, pp. 603-624.
- [4]-Laurence TUBIANA, *Agriculture et sécurité alimentaire prendre la mesure d'un défi global*, regards sur la terre, Edition armand colin, 2012, p141.
- [5]-*Manuel Utilisation Des Engrais*, société des fertilisants d'Algérie FERTIAL, Edition 2010, p07.
- [6]-MM. Cordier, Dessons et Treuillard, *Le guide des engrais*, Fine Media, 2013, p18-26.
- [7]-Collectif, *Mémento de l'agronome*, QUAE, 06/2009, p616-619.
- [8]-Mohammed Essadaoui, *Industrie agroalimentaire*, Bulletin d'information technologique, Edité par l'Institut Marocain de l'Information Scientifique et Technique- IMIST, 14 - JANVIER 2009, p01.
- [9]-Statistiques du commerce extérieur de l'Algérie, Ministère des Finances Direction Générale des Douanes, Premier Semestre 2017.
- [10]-Algérie Presse Service (APS), 24 septembre 2017.
- [11].Marshall Sittig, *Fertilizer Industry Processes, Pollution Control and Energy Conservation*, Noyes Data Corp., New Jersey, 1979.
- [12]-Carl Bosch, Biography, *Ullsteinhaus*, Tempelhof- Berlin, 1931.
- [13]-David W. Wolfe, *Tales From the Underground. A Natural History of Subterranean Life*, Perseus Pub, Cambridge, Massassuchets, 2001.
- [14]-J. Reedijk, K. Poeppelmeier, *Comprehensive Inorganic Chemistry II*, 2013.
- [15]-James, Laylin K. *Nobel Laureates in Chemistry*, Washington, DC: American Chemical Society, 3rd Edition, 1993 p. 118.
- [16]-Haber, Fritz, *Thermodynamik technischer Gasreaktionen*, Paderborn: Salzwasser Verlag, 1st ed in German, 1905.
- [17]-Hager, Thomas, *the Alchemy of Air*: Broadway Books; 1st Edition, New York, August 18, 2009.

[18]-Glenn D. Peter H, Van Nostrand's Scientific Encyclopedia, Volume 3, 10th Edition, 2008.

[19]-Pawan Agarwal, *The Chemical's Engineers*, 7 avril 2001.

[20]-FRITZ HABER, *The synthesis of ammonia from its elements*, Nobel Lecture, June 2, 1920.

[21]-Smil, Vaclav, *Enriching the Earth, Transformation of World Food Production 1st Edition*. Cambridge, 2004.



**ANNEXE**

**Annexe I :****Base de données fiches toxicologiques :  
Chlorure d'hydrogène et solutions aqueuses****1. Généralités :****1.1. Formule :** HCl**1.2. Substance(s) :**

Nom	Détails
Chlorure d'hydrogène	Numéro CAS 7647-01-0
	Numéro CE 231-595-7
	Numéro index 017-002-00-2
Acide chlorhydrique (solutions aqueuses)	Numéro CAS 7647-01-0
	Numéro CE 231-595-7
	Numéro index 017- 002-01-X

**1.3. Danger :**

H331 - Toxique par inhalation

H314 - Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

**2. Caractéristiques :**

Le chlorure d'hydrogène anhydre et ses solutions aqueuses sont utilisés dans diverses industries (pharmaceutique, phytopharmaceutique, alimentaire, chimique, électronique, métallurgique, minière, pétrolière, industrie des polymères, des matières colorantes, du cuir, du textile...). Ils interviennent dans de nombreuses réactions en chimie organique et en chimie minérale.

Le chlorure d'hydrogène anhydre est, en particulier, un produit de base pour la fabrication de chlorures d'alkyles, de chlorure de vinyle, trichlorosilane, acide chlorosulfonique, produits pharmaceutiques, engrais et produits phytopharmaceutiques.

Le chlorure d'hydrogène en solution aqueuse (acide chlorhydrique) est utilisé principalement dans les opérations de nettoyage et décapage des métaux, la production de chlorures minéraux, l'extraction et la purification de certains minerais, mais aussi comme agent de neutralisation, pour la récupération de métaux semi-précieux dans des catalyseurs usagés, le traitement de l'eau (régénération des résines échangeuses d'ions, fabrication de flocculants).

### 2.1. Propriétés physiques :

Le chlorure d'hydrogène anhydre est un gaz incolore, d'odeur âcre et irritante, facilement liquéfiable (sous pression atmosphérique, il se liquéfie entre - 94 et - 85°C).

Il est très soluble dans l'eau : pour 100 g d'eau, 82,3 g de chlorure d'hydrogène à 0 °C, 67,3 g HCl à 30 °C ou 56,1 g HCl à 60 °C. La dissolution s'accompagne d'un très grand dégagement de chaleur.

Il est également soluble dans de nombreux solvants organiques (méthanol, éthanol, propanol, oxyde de diéthyle, diméthylformamide, dioxane, tétrahydrofurane, acétate d'éthyle...).

Quelques caractéristiques physiques du chlorure d'hydrogène anhydre sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

L'acide chlorhydrique, solutions aqueuses de chlorure d'hydrogène, est commercialement disponible à différentes concentrations.

Nom Substance	Détails	
Chlorure d'hydrogène Anhydre	N° CAS	7647-01-0
	Etat Physique	Gaz
	Masse molaire	36,46
	Point de fusion	- 114,2 °C
	Point d'ébullition	- 85,05 °C
	Densité	1,045 g/cm à - 55 °C
	Densité gaz / vapeur	1,268
	Pression de vapeur	4 220 kPa à 20 °C
Point critique	Pression : 8,3.10 kPa Température : 51,5 °C	

## 2.2. Propriétés chimiques :

Le chlorure d'hydrogène anhydre est un gaz stable thermiquement. Il ne se dissocie en hydrogène et chlore qu'à température élevée : 0,10 % est dissocié à 600 °C, environ 5 % à 2 000 °C. En contact avec l'air, il émet des fumées corrosives.

L'acide chlorhydrique résultant de la dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau est un acide fort totalement dissocié en protons et ions chlorures, très réactif.

Le chlorure d'hydrogène et l'acide chlorhydrique peuvent être à l'origine de réactions dangereuses. Ils réagissent vigoureusement avec les oxydants en libérant du chlore ; la réaction avec les bases, exothermique, peut être violente.

Le chlorure d'hydrogène anhydre n'attaque pas les métaux usuels. Mais en présence d'humidité, il est corrosif pour la plupart des métaux avec dégagement d'hydrogène, gaz très inflammable et explosible.

Les solutions aqueuses de chlorure d'hydrogène sont stables. Les métaux, à l'exception de l'argent, de l'or, du platine, du tantale ou de certains alliages, sont attaqués par l'acide chlorhydrique avec formation d'hydrogène ; la réaction s'accompagne généralement d'un grand dégagement de chaleur.

### 2.2.1. Récipients de stockage :

Le chlorure d'hydrogène anhydre est livré sous forme de gaz comprimé liquéfié dans des conteneurs spécifiques en acier.

Le stockage de l'acide chlorhydrique peut s'effectuer, selon les concentrations et les quantités, dans des récipients en acier revêtu ou en résines synthétiques résistantes (polypropylène, polychlorure de vinyle, ABS...). Le verre est également utilisé pour de petites quantités.

## 3. Incendie – Explosion :

Le chlorure d'hydrogène est un composé non inflammable et non explosible.

Cependant, en présence d'eau, son action corrosive sur les principaux métaux usuels s'accompagne d'un dégagement d'hydrogène, ce qui peut provoquer incendie et explosion : en effet, l'hydrogène est un gaz très inflammable et explosible en mélange avec l'air (les limites d'explosivité inférieure et supérieure sont respectivement de 4 et 75 % en volume).

En cas d'incendie, différents agents d'extinction peuvent être utilisés : dioxyde de carbone, poudres sèches, eau pulvérisée ou mousses. Refroidir à l'aide d'eau pulvérisée les récipients exposés ou ayant été exposés au feu (gaz liquéfié sous pression et acide chlorhydrique).

Les intervenants qualifiés et entraînés seront équipés d'appareils de protection respiratoire autonomes isolants et de combinaisons de protection spéciales.

## 4. Pathologie – Toxicologie :

### 4.1. Toxicocinétique – Métabolisme

L'absorption, la distribution et l'excrétion du chlorure d'hydrogène sont identiques chez l'homme et l'animal. Après inhalation ou ingestion, il est rapidement dissocié en ions H et Cl ; ces derniers entrent dans le pool corporel, l'excédent est éliminé + - dans l'urine.

Les vapeurs de chlorure d'hydrogène ou les gouttelettes (aérosol/brouillard) de ses solutions aqueuses peuvent être inhalées et provoquer des effets locaux sur le tractus respiratoire supérieur ; une pénétration plus profonde peut se produire lors d'une ventilation plus

importante. Le chlorure d'hydrogène se dissocie rapidement et l'anion Cl entre dans le pool corporel des électrolytes. L'acidité de la paroi muqueuse du tractus respiratoire peut être partiellement neutralisée par l'ammoniaque corporelle.

Les effets locaux des solutions aqueuses sont surtout dus à l'ion H (dépôt local de protons, modification du pH) plus qu'à l'anion Cl. L'acide chlorhydrique est un constituant normal du suc gastrique où il joue un rôle physiologique important ; l'estomac est adapté aux variations d'acidité. Après ingestion, seule la membrane muqueuse du tractus gastro-intestinal est lésée. Des défenses naturelles immédiates contre les modifications de pH sont apportées par des solutions tampons ; la régulation du pH dépend, en dernier recours, des poumons (excrétion de CO<sub>2</sub>) et des reins (régénération de bicarbonate par une excrétion de protons dans l'urine) ; les ions Clexcédairentaires sont éliminés dans l'urine.

## **4.2. Toxicité expérimentale :**

### **4.2.1. Toxicité aigüe :**

Les signes cliniques d'une exposition au gaz ou à l'aérosol sont une baisse de la fréquence respiratoire (chez la souris à partir de 99 ppm, soit 148 mg/m<sup>3</sup>, une irritation et/ou une corrosion des yeux (opacification et érosion de la cornée) et de la peau (en particulier, ulcération du scrotum) ; les animaux meurent, rapidement après l'exposition, par arrêt respiratoire (emphysème alvéolaire, atelectasie et œdème des poumons).

Administré par voie orale, l'acide chlorhydrique provoque, chez le rat, une ulcération de l'estomac, une inflammation aiguë de l'intestin, une décoloration du foie et une hyperémie des poumons. Des lésions sévères et une perméabilité aux ions H augmentée ont été observées dans l'œsophage de lapins après perfusion avec des solutions d'acide chlorhydrique (40 à 80 mmoles/l). Une œsophagite est observée chez le chat traité par cet acide (pH 1 à 1,3) pendant 1 heure.

Des souris, exposées à 304 ppm (453 mg/m<sup>3</sup>) 6 h/j pendant 3 jours, sont moribondes et présentent une exfoliation de l'épithélium respiratoire et érosion, ulcération et nécrose de l'épithélium olfactif. Aucune modification pathologique des paramètres respiratoires n'est provoquée chez le cobaye par une exposition à 15 mg/m<sup>3</sup>, 2 h/j, 5 j/sem pendant 7 semaines.

#### **4.2.1.1. Irritation**

Des concentrations comprises entre 3,3 % et 17 % sont irritantes pour la peau ; au-delà, elles sont corrosives.

Sur l'œil, des concentrations supérieures à 3,3 % provoquent une irritation grave ; les symptômes peuvent inclure rougeurs, gonflements, douleurs et larmes. Une exposition prolongée, ou à concentration bien plus forte, induit une opacité cornéenne, une ulcération et une diminution de la vision avec risque d'altération permanente. La sévérité de l'irritation est liée à la durée du traitement (les larmes ont un effet tampon et diluant). Chez le lapin, 0,1 ml d'une solution aqueuse à 10 % provoque une altération permanente de la vision ; la concentration non irritante est 0,33 %.

L'acide chlorhydrique est un irritant respiratoire pour la souris ; la RD50 est de 309 ppm (460 mg/m<sup>3</sup>), 6 h/j pendant 3 jours.

#### **4.2.1.2. Sensibilisation :**

Le test de maximisation chez le cobaye (induction et déclenchement : solution à 1 %) et le test de gonflement de l'oreille de la souris (induction 1 %, déclenchement 5 %) donnent des résultats négatifs.

#### **4.2.2. Toxicité subchronique, chronique :**

Une exposition à long terme confirme les effets irritants de l'acide chlorhydrique ou de ses solutions aqueuses.

Des rats et des souris sont exposés à 0-10-20 et 50 ppm, 6 h/j, 5 j/sem pendant 90 jours ; les souris exposées à 50 ppm présentent une baisse de la prise de poids et de nourriture ainsi qu'une baisse du poids du foie (mâle) ; les rats diminuent la prise de nourriture à 20 et 50 ppm et perdent du poids (mâles, 50 ppm). Aucune modification des paramètres sanguins ou urinaires n'a été notée. Des modifications inflammatoires des lèvres et des cavités nasales ont été observées (rats > 10 ppm, souris > 20 ppm). La NOAEL est de 20 ppm chez le rat et la souris si on excepte l'irritation locale.

Une exposition à 10 ppm, 6 h/j, 5 j/semaine pendant toute la durée de la vie induit chez le rat des effets sur le tractus respiratoire supérieur : rhinite, hyperplasie épithéliale ou squameuse et métaplasie squameuse de la muqueuse nasale, hyperplasie du larynx et de la trachée.

Des rats ont été exposés à 280-1250 mmol/kg de nourriture (10,2-45,6 mg/kg de nourriture) pendant 7 à 12 semaines. À la plus forte dose, les animaux présentent une baisse de poids, de prise de nourriture, du pH sanguin, de la longueur du fémur et du taux de cendres dans les os.

L'acidification de l'eau de boisson par l'acide chlorhydrique jusqu'à pH 2 provoque, chez le rat exposé pendant 21 semaines, une baisse du volume de l'urine et du taux de protéines urinaires.

#### **4.3. Toxicité sur l'Homme :**

Le chlorure d'hydrogène et ses solutions aqueuses (ou acide chlorhydrique) sont caustiques et peuvent provoquer, en cas d'exposition à une concentration suffisante, des brûlures chimiques de la peau, des yeux et des muqueuses respiratoire et digestive. Les effets d'une exposition chronique sont également de type irritatif. Dans une récente évaluation, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé les brouillards d'acides inorganiques forts dans le groupe 1 des substances cancérigènes pour l'homme.

##### **4.3.1. Effets cancérigènes :**

Dans une récente évaluation, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a considéré que les données étaient suffisantes concernant le lien entre exposition aux aérosols d'acides inorganiques forts et risque de cancer du larynx mais limitées pour pouvoir affirmer une association causale avec le cancer bronchique. Même s'il semble plausible que la diminution locale du pH en rapport avec l'inhalation d'acides inorganiques forts puisse provoquer des dommages cellulaires et une prolifération réactionnelle, aucun mécanisme n'est formellement identifié comme étant à l'origine des cancers observés.

## 5. Recommandations :

### 5.1. Au point de vue technique :

#### 5.1.1. Stockage :

-Stocker le chlorure d'hydrogène (gaz liquéfié sous pression) dans des locaux frais, secs et bien ventilés, à l'abri de toute source de chaleur ou d'ignition (rayons solaires, flammes, étincelles...), à l'écart des matières inflammables et des produits incompatibles tels que les oxydants et les bases.

-Les solutions aqueuses de chlorure d'hydrogène (acide chlorhydrique) seront stockées dans des locaux frais et bien ventilés, à l'écart des produits incompatibles, notamment oxydants et bases.

-Bannir de la construction et du local tout métal ou objet métallique susceptible de réagir avec dégagement d'hydrogène au contact du chlorure d'hydrogène.

-Le sol de ces locaux sera imperméable, résistant aux acides et formera cuvette de rétention, afin qu'en cas de déversement accidentel l'acide ne puisse se répandre au-dehors. Selon l'importance du stockage, prévoir l'écoulement vers une fosse de neutralisation.

-Maintenir les récipients soigneusement fermés et étiquetés correctement.

-Reproduire l'étiquette en cas de fractionnement de l'emballage.

-Prévoir, à proximité du local de stockage, des équipements de protection individuelle, notamment des appareils de protection respiratoire autonomes isolants, un poste d'eau à débit abondant, des douches et fontaines oculaires.

-Interdire de fumer.

-Mettre le matériel électrique en conformité avec la réglementation en vigueur.

### 5.2. Au point de vue médical :

-À l'embauchage, rechercher particulièrement des atteintes chroniques cutanées, respiratoires ou des voies aéro-digestives supérieures ainsi que des lésions kérato-conjonctivales chroniques. L'examen clinique peut être complété par une radiographie pulmonaire et des épreuves fonctionnelles respiratoires qui serviront d'examens de référence.

-La fréquence des examens médicaux périodiques et la nécessité ou non d'effectuer des examens complémentaires seront déterminées par le médecin du travail en fonction de l'importance de l'exposition. On recherchera plus particulièrement des signes d'irritation cutanée, oculaire, des voies aéro-digestives supérieures et broncho-pulmonaire ainsi que des érosions dentaires. Les examens complémentaires d'embauchage pourront également être répétés à intervalles réguliers.

-En l'absence d'équipement de protection individuelle approprié, déconseiller le port de lentilles de contact souples hydrophiles lors de travaux pouvant potentiellement exposer à des vapeurs ou aérosols d'acide. Celles-ci peuvent constituer une source d'irritation oculaire supplémentaire du fait de leur affinité pour ce type de produits. L'utilisation de verres correcteurs ou de lentilles rigides est préférable dans ce cas. Ces moyens de correction visuelle ne dispensent cependant pas du port d'équipements de protection oculaire adaptés.

-Lors d'accidents aigus, demander dans tous les cas l'avis d'un médecin ou du centre antipoison. Préciser, si possible, le pH de la solution responsable. Les risques sont particulièrement graves lorsque le pH est inférieur à 2.

**Annexe II :****Base de données fiches toxicologiques :****Ammoniac et solutions aqueuses****1 .Généralités :**

**1.1.Formule :**  $\text{NH}_3$  (Ammoniac),  $\text{NH}_4\text{OH}$  (Ammoniaque).

**1.2.Substance(s) :**

Nom	Détails	
Ammoniac	Numéro CAS	7664-41-7
	Numéro CE	231-635-3
	Numéro index	007-001-00-5
	Synonymes	Ammoniac anhydre
Ammoniaque	Numéro CAS	1336-21-6
	Numéro CE	215-647-6
	Numéro index	007-001-01-2
	Synonymes	Hydroxyde d'ammonium ; en solution aqueuse...%

**1.3.Danger :**

H221 - Gaz inflammable

H314 - Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

H331 - Toxique par inhalation

H400 - Très toxique pour les organismes aquatiques



## 2. Caractéristiques :

- Industrie du froid.
- Fabrication des engrais.
- Pétrole et carburants.
- Traitement des métaux.
- Synthèse organique.
- Industrie des fibres textiles.
- Produits d'entretien.
- Industrie du papier.

### 2.1. Propriétés physiques :

L'ammoniac est un gaz incolore à odeur piquante, plus léger que l'air. Il se liquéfie facilement.

L'ammoniac est très soluble dans l'eau (33,1 % en poids à 20 °C). La dissolution s'accompagne d'un dégagement de chaleur. Les solutions obtenues sont connues sous le nom d'ammoniaque.

La limite d'explosivité de l'ammoniac dans l'oxygène (% en volume) est de 15,5 % pour la limite inférieure et de 79 % pour la limite supérieure.

Nom substance	Détails	
Ammoniac	N° CAS	7664-41-7
	Etat Physique	Gaz
	Masse molaire	17,03
	Point de fusion	- 77,7 °C
	Point d'ébullition	- 33,3 °C
	Densité	0,682 à - 33,3 °C (ammoniac liquide)
	Densité gaz / vapeur	0,59
	Pression de vapeur	860 kPa à 20 °C
	Point critique	température : 132 °C
	Température d'auto-inflammation	651 °C
	Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)	limite inférieure : 15% limite supérieure : 28%

### 2.2. Propriétés chimiques :

À température ordinaire, l'ammoniac est un composé stable. Sa dissociation en hydrogène et azote ne commence que vers 450 - 550 °C. En présence de certains métaux comme le fer, le nickel, l'osmium, le zinc et l'uranium, cette décomposition commence dès 300 °C et est presque complète vers 500 - 600 °C.

L'ammoniac brûle à l'air au contact d'une flamme en donnant principalement de l'azote et de l'eau.

L'ammoniac réagit, généralement violemment, sur de nombreux oxydes et peroxydes.

Les halogènes (fluor, chlore, brome, iode) réagissent vivement sur l'ammoniac et ses solutions aqueuses.

Des réactions explosives peuvent également se former avec l'aldéhyde acétique, l'acide hypochloreux, l'hexacyanoferrate (3) de potassium.

La plupart des métaux ne sont pas attaqués par l'ammoniac rigoureusement anhydre. Toutefois, en présence d'humidité, l'ammoniac, gazeux ou liquide, attaque rapidement le cuivre, le zinc et de nombreux alliages, particulièrement ceux qui contiennent du cuivre. Il agit également sur l'or, l'argent et le mercure en donnant des composés explosifs.

Certaines catégories de plastiques, de caoutchoucs et de revêtements peuvent être attaqués par l'ammoniac liquide.

### **3. Incendie – Explosion**

- L'ammoniac, gaz relativement peu inflammable, peut former des mélanges explosifs avec l'air dans les limites de 15 à 28 % en volume.
- Le contact de l'ammoniac avec certains produits tels que le mercure, les halogènes, le calcium, l'oxyde d'argent... est une source d'incendies et d'explosions.
- Les feux provoqués par l'ammoniac sont difficiles à éteindre ; les agents d'extinction préconisés sont le dioxyde de carbone et les poudres.
- Il faut refroidir les récipients voisins exposés au feu en les arrosant avec de l'eau pour éviter les risques d'explosion.

### **4. Pathologie – Toxicologie :**

#### **4.1. Toxicocinétique – Métabolisme :**

L'ammoniac agit localement et son absorption semble peu importante. Son métabolisme a été peu étudié.

Au contact avec l'humidité, l'ammoniac est rapidement transformé en ammoniacque responsable de l'attaque caustique de la peau et des muqueuses. La pénétration du gaz dans l'arbre respiratoire a été étudiée chez l'animal et chez l'homme. La plus grande partie de l'ammoniac inhalé est retenue (transformée en ammoniacque) au niveau des voies aériennes supérieures. Chez le lapin, lorsque la concentration atmosphérique est de 2000 ppm, celle mesurée au niveau de la trachée n'est plus que de 100 ppm.

L'absorption digestive, respiratoire ou percutanée de l'ion ammonium formé par la combinaison d'ammoniac et d'eau n'a pas fait l'objet d'étude. L'absorption d'ions ammonium est certainement faible. Elle n'est jamais responsable d'hyperammoniémie. Les ions ammonium absorbés sont transformés en urée et servent à la synthèse des acides aminés. L'excrétion est surtout rénale (il existe également une faible élimination sudorale).

## 4.2. Toxicité expérimentale :

### 4.2.1. Toxicité aiguë :

Elle se traduit par un effet caustique au niveau de la peau et des muqueuses oculaires, digestives et respiratoires. L'importance des lésions dépend de la concentration et du temps de contact.

La DL50 par voie orale chez le rat est de 350 mg/kg et chez le chat de 750 mg/kg.

La CL50, par inhalation, chez le rat est de 7600 mg/m<sup>3</sup>, pour une exposition de 2 heures.

Chez la souris, la CL50 varie de 10 150 ppm pour une exposition de 10 minutes à 4837 ppm pour 1 exposition de heure ; elle est de 3310 mg/m<sup>3</sup> pour 2 heures.

L'exposition à de fortes concentrations d'ammoniac produit une irritation intense, puis des lésions caustiques des muqueuses oculaires, des voies respiratoires et de la peau. À l'autopsie des animaux, on constate des ulcérations des épithéliums oculaires et respiratoires, un oedème aigu pulmonaire hémorragique et, parfois, des atélectasies. La rétention de l'ammoniac dans les voies aériennes supérieures est importante : les lésions hautes sont toujours plus importantes que les atteintes bronchiolaires et alvéolaires. Chez les survivants, les séquelles oculaires définitives (opacité cornéenne, cécité) sont fréquentes.

L'administration orale de solutions aqueuses d'ammoniac est responsable de lésions caustiques du tube digestif (ulcérations, hémorragies, perforations).

L'ammoniac et ses solutions aqueuses sont caustiques pour la peau et les muqueuses ; la gravité des lésions produites dépend de la quantité de la solution appliquée, de la concentration et du temps de contact. Les lésions oculaires sont particulièrement sévères, les ulcérations conjonctivales et cornéennes s'accompagnent presque toujours d'une iritis et, parfois, d'un glaucome. À terme, les séquelles invalidantes (opacités cornéennes, cataracte, glaucome) sont fréquentes. Les solutions hautement alcalines (pH > 11,5) sont très irritantes.

Quelle que soit la voie d'administration, l'intoxication systémique par l'ion ammonium ne semble pas participer au tableau observé.

### 4.2.2. Toxicité subchronique, chronique :

L'exposition répétée provoque une irritation oculaire mais surtout respiratoire chronique (bronchite chronique).

L'exposition répétée ou prolongée à l'ammoniac est responsable d'une irritation oculaire et respiratoire dans toutes les espèces testées. Elle apparaît dès 100 ppm. À concentration constante, lorsque l'exposition est poursuivie, une tolérance apparaît : les signes d'irritation s'atténuent ou disparaissent. En raison de la forte rétention de l'ammoniac par les voies aériennes supérieures, les lésions sont toujours plus marquées à ce niveau. L'irritation chronique de l'arbre respiratoire favorise le développement d'infections broncho-pulmonaires.

Les signes d'intoxication systémique sont toujours discrets ou absents : élévation modérée de l'urée sanguine, vraisemblablement secondaire à l'absorption de l'ion ammonium.

## 4.3. Toxicité sur l'Homme :

L'exposition aiguë est responsable de sévères effets caustiques sur la peau et les muqueuses digestives et oculaires. En cas d'exposition répétée, une atteinte de la fonction respiratoire ne peut être éliminée. Certaines études indiquent la possibilité d'effet cancérigène sur différents organes mais restent trop imprécises pour permettre de conclure.

### **4.3.1. Effets cancérigènes :**

Un cancer de la cloison nasale est survenu après une brûlure par un mélange d'ammoniac et d'huile. Il est impossible de faire la part de la responsabilité de l'ammoniac dans la genèse de la tumeur.

Selon une équipe de la République démocratique allemande, la mortalité et l'incidence des tumeurs cancéreuses pulmonaires, laryngées, urinaires, gastriques et lymphoïdes étaient élevées dans une usine où l'ammoniac et des amines étaient manipulés. La publication est trop imprécise pour que la responsabilité de l'ammoniac puisse être déterminée.

## **5. Recommandations :**

### **5.1. Au point de vue technique :**

#### **5.1.1. Stockage :**

-Le stockage s'effectuera dans des locaux spéciaux, largement ventilés, soit par des ouvertures placées à la partie supérieure, soit par une cheminée de section suffisante et s'élevant au-dessus des immeubles voisins.

-L'installation électrique sera du type étanche à l'abri de l'action corrosive des vapeurs d'ammoniac. Le matériel électrique, y compris l'éclairage, sera conforme à la réglementation en vigueur.

-Ne pas fumer.

-Les récipients seront placés verticalement, à l'abri des rayons solaires, de la chaleur et des produits susceptibles de réagir vivement avec l'ammoniac (cf. Propriétés chimiques). Les récipients seront soigneusement fermés et étiquetés. Reproduire l'étiquetage en cas de fractionnement des emballages.

-Le sol des locaux sera imperméable et formera cuvette de rétention afin qu'en cas de déversement accidentel, les solutions ne puissent se répandre au dehors.

-Prévoir, à proximité et à l'extérieur, des équipements de protection, notamment des appareils de protection respiratoire isolants autonomes, un poste d'eau à débit abondant, des douches de sécurité et des fontaines oculaires en cas d'accident.

### **5.2. Au point de vue médical :**

-Éloigner des postes comportant un risque d'exposition les sujets atteints d'affections cutanées, cardio-pulmonaires chroniques ou de troubles du tractus digestif supérieur.

-Recommander aux porteurs de lentilles de contact d'utiliser des verres correcteurs lors des travaux où ils peuvent être exposés à des vapeurs ou aérosols du produit.

-Lors des examens systématiques, rechercher des lésions cutanées, oculaires, dentaires et pulmonaires ainsi que des signes d'irritation digestive.

-Lors d'accidents aigus, demander dans tous les cas l'avis d'un médecin. Lui préciser, si possible, le pH de la solution responsable. Les risques sont particulièrement graves lorsque le pH est supérieur à 11,5.

-En cas de contact cutané, laver immédiatement à l'eau pendant quinze minutes. Retirer s'il y a lieu les vêtements souillés et ne les réutiliser qu'après décontamination.

- En cas de projection oculaire, laver immédiatement à grande eau pendant quinze minutes. Toujours consulter un ophtalmologiste.
- En cas d'inhalation de vapeurs ou d'aérosols, retirer la victime de la zone polluée, après avoir pris toutes les précautions nécessaires. Mettre en œuvre s'il y a lieu des manœuvres de réanimation. Laisser le sujet au repos en raison du risque d'accident respiratoire aigu retardé.
- En cas d'ingestion de solutions diluées (pH inférieur à 11,5), en très faible quantité, faire boire un ou deux verres d'eau. S'il apparaît des douleurs rétrosternales et abdominales, des nausées et des vomissements, consulter un médecin.
- En cas d'ingestion de solutions concentrées dont le pH est supérieur à 11,5 ou de solutions dont le pH n'est pas connu, ne pas faire boire, ne pas tenter de provoquer des vomissements ; faire transférer rapidement en milieu hospitalier.

### ملخص:

تعتبر الأسمدة من أهم مصادر النمو الاقتصادي الفلاحي و تحقيق الاكتفاء الغذائي للدول .كما يعتبر القطاع الفلاحي أحد البدائل لقطاع المحروقات في الجزائر هذه الأخيرة التي تتميز بأراضي خصبة و مساحات شاسعة.

في هذا الموضوع التجريبي قمنا بإنشاء سماد جديد في السوق الفلاحي مطابق للمعايير الوطنية و الدولية انطلاقا من ماديتين كيميائيتان أساسيتان في النمو النبات (الأزوت و كلور هيدريك) بعد التركيب تحصلنا على سماد كلورير الأمونيوم. والحصول على مردود مقبول جدا.

**الكلمات المفتاحية:**مخصب ، الأسمدة ، توليف ، كلورير الأمونيوم

### Abstract:

Fertilizers are among the most important sources of growth in the agricultural economy and help to ensure countries food sufficiency .the agricultural sector is also one of the alternatives to the fuel sector in Algeria, characterized by fertile land and large areas.

In this experiment, we established a new composte on the agricultural market in accordonce with national and international standards based on tow basic chemicals withch are nitrogen and hydrogen chloride. After installation, we have obtained ammonium chloride fertilizer. And we got a very acceptable yield .

**Key words:** Fertilizer, Engrais, Synthesis,  $NH_4CL$

### Résumé :

Les engrais comptent parmi les sources de croissance les plus importantes de l'économie agricole et permettent d'assurer la suffisance alimentaire des pays. Le secteur agricole est également l'un des alternatives au secteur des carburants en Algérie. Caractérisé par des terres fertiles et de vastes zones.

Dans cette expérience, nous avons établi un nouveau engrais sur le marché agricole en conformité avec les normes nationales et internationales basées sur deux produits chimiques de base sont l'azote et le chlorure d'hydrogène, après synthèse nous avons obtenu de l'engrais chlorure d'ammonium. Avec un rendement très acceptable

**Mots clés :** Fertilisant, Engrais, Synthèse,  $NH_4CL$ .